



Vlaanderen
is milieu

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Versie mei 2026

DOCUMENTBESCHRIJVING

Titel

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu (mei 2026)

Wijze van refereren

Vlaamse Milieumaatschappij (2026), Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu (mei 2026)

Verantwoordelijke uitgever

Bernard De Potter, Vlaamse Milieumaatschappij

Vragen in verband met dit rapport

Vlaamse Milieumaatschappij

info@vmm.be

Depotnummer

D/2026/6871/009

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
1.1	Doelstelling en historiek	4
1.2	Doelpubliek.....	4
1.3	Chronologie/werkwijze.....	4
2	Een bemaling ... wat nu?	5
3	Stappenplan	10
3.1	Gegevensverzameling en omgevingsscreening	10
3.2	Grondonderzoek en grondwateronderzoek	12
3.3	Opstellen van het bemalingsconcept	12
3.4	Rekenmethoden voor impactbepalingen	13
3.4.1	Analytische en numerieke rekenmethodes	13
3.4.2	Zettingsberekeningen	13
3.5	Meetstaat	14
3.6	Bemalingscascade.....	14
3.7	Risico's en onzekerheden.....	15
3.8	Omgevingsvergunning, melding en wettelijke bepalingen.....	17
3.9	Monitoring en handhaving	18
3.9.1	Dimensies van de bouwput en waterverlagings in de bouwput	19
3.9.2	Zettingsrisico's.....	20
3.9.3	Opbarstrisico's.....	20
3.9.4	Verpompte/weer in de ondergrond gebrachte/geloosde debieten	21
3.9.5	Kwaliteit van het bemalingswater.....	21
3.9.6	Aanwezigheid aandachtsgebieden voor bemalingen	21
3.9.7	Aanwezigheid verzilt gebied	22
3.9.8	Aanwezigheid verontreiniging	22
3.9.9	Interferentie tussen verschillende watervoerende lagen	22
3.10	Nazorg.....	22
3.10.1	Beëindigen van de bemaling.....	22
3.10.2	Het voldoen aan wettelijke randvoorwaarden	23
3.10.3	Het achterlaten van de fysieke elementen van een bemalingssysteem	23
3.10.4	Het herstel van de grondwaterstand	23
3.10.5	Voortgezette monitoring.....	23
3.10.6	De effecten van permanente bemalingen	24

3.10.7	Finale rapportering	24
3.11	Toetsingskader	24
4	Taakverdeling	25
5	Referentielijst	26
6	Bijlagen	26
6.1	Begrippenlijst/lexicon	26
6.2	Checklist 1: gegevensverzameling	26
6.3	Richtlijnen grond(water)onderzoek.....	26
6.4	Checklist 2: milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden	26
6.5	Aandachtsgebieden voor bemalingen	26
6.6	Bemalingscascade.....	26
6.7	Stroomschema's wetgeving.....	26
6.8	Wettelijke randvoorwaarden	26
6.9	Bemalingstechnieken.....	26
6.10	Matrix aangewezen bemalingstechnieken	26
6.11	Vakliteratuur	26
6.12	Rekenmethoden voor impactbepaling	26
6.13	Zettingsberekeningen	26
6.14	Meetstaat bemaling	26
6.15	Invulfiche	26
6.16	Kwalitatieve elementen van monitoring.....	26
6.17	Monitoring zoutgehalte van grondwater	26
6.18	Waterremmende wanden	26
6.19	Nazorg bij achterlaten van fysieke elementen van de bemaling	26

Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden in dit document opgenomen in de voetnoten. Doorheen het document wordt tevens verwezen naar andere documenten, richtlijnen, procedures en codes van goede praktijk. De lezer wordt erop gewezen dat deze verwijzingen gelden op het moment van publicatie van voorliggende richtlijnen. Het is de verantwoordelijkheid van de lezer zich ervan te vergewissen dat de betreffende documenten, richtlijnen, procedures en codes van goede praktijk nog steeds actueel zijn bij gebruik van voorliggende richtlijnen. Bij afwijkingen tussen de inhoud van de richtlijnen bemalingen en actuele wetgeving heeft de actuele wetgeving steeds voorrang.

1 Inleiding

1.1 Doelstelling en historiek

Er wordt bemaald om werken 'in den droge' te kunnen uitvoeren. Het verlagen van de grondwaterstand kan echter effecten veroorzaken in de omgeving door verdroging, zettingen, verzilting of migratie van verontreiniging. Dergelijke problematieken kunnen in vele gevallen vermeden worden door het uitvoeren van een degelijk vooronderzoek.

In 2009 werden richtlijnen voor bemalingen opgesteld door een werkgroep n.a.v. een studiedag 'Bemalingen: eeuwig discussiepunt?' (2003)^[a]. Deze richtlijnen waren bedoeld om de opdrachtgever en de ontwerper te begeleiden vanaf het vooronderzoek en het grondonderzoek tot de technische bestektekst. Verder vonden de opdrachtgever en de uitvoerder in deze richtlijnen de nodige begeleiding bij de uitvoeringsaspecten van de bemaling.

Uit vergunningsaanvragen bleek dat deze richtlijnen amper gevolgd werden. Bovendien werd er te weinig aandacht geschonken aan het bepalen van de mogelijke effecten van de geplande bemaling. Ook naar opvolging en nazorg waren er ernstige tekortkomingen.

Daarom werden de richtlijnen uit 2009 geactualiseerd in 2019. De toen geactualiseerde richtlijnen beperkten zich in hoofdzaak tot de milieutechnische aspecten van bemalingen en moesten leiden tot een consequent en duidelijk kader om een '*best practice*'- bemalingsconcept af te leiden.

In 2021 werd een bijlage toegevoegd specifiek voor de bemaling van lijntrajecten, en werden beperkte inhoudelijke aanpassingen doorgevoerd.

Door veranderingen in wetgeving, zoals de VLAREM-trein 2019 en de Grondwatertrein 2024, alsook technologische vooruitgang, drong een nieuwe actualisatie van de richtlijnen bemalingen zich op. De huidige versie van de richtlijnen is het resultaat van deze actualisatie.

1.2 Doelpubliek

De richtlijnen zijn bedoeld voor een zo breed mogelijk publiek. Daarom wordt de basistekst zo eenvoudig en leesbaar mogelijk gehouden. Er wordt verwezen naar bijlagen waarin bepaalde zaken technisch verder worden toegelicht. Zo zijn de richtlijnen een praktisch instrument voor een brede niet gespecialiseerde doelgroep én meer gespecialiseerde lezers.

Een lezer vertrouwd met bemalingen zal de lectuur en te ondernemen stappen vrij vlot kunnen volgen en vermoedelijk al kennen. Maar ook een lezer die voor de eerste keer in aanraking komt met een bemaling of die sporadisch met bemalingen in aanraking komt, moet met de richtlijnen aan de slag kunnen.

Er is ook een lijst met begrippen en afkortingen met hun inhoudelijke verklaring opgesteld. Deze begrippenlijst is als lexicon opgenomen in **bijlage 6.1** om de meest relevante begrippen rond bemalingen helder en eenduidig te definiëren. Tevens wordt er verwezen naar artikel 1.1.2 van VLAREM II waarin een overzicht wordt gegeven van relevante wettelijke definities¹.

1.3 Chronologie/werkwijze

De huidige richtlijnen voor bemalingen zijn naar opbouw gelijkaardig aan de versies uit 2019 en 2021.

¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8198&woLang=nl>

De doorgevoerde aanpassingen kwamen in verschillende stappen tot stand.

1. In eerste instantie werden de nieuwe wettelijke bepalingen in de richtlijnen bemalingen verwerkt en werden nieuwe stroomschema's opgemaakt voor rubrieken 3.8 en 53.2/53.11². Tevens werden de online rekeninstrumenten aangepast³.
2. In tweede instantie werd een online bevraging uitgevoerd bij belanghebbenden uit diverse sectoren (architecten, overheid, bemalers, aannemers ...) om te polsen naar knelpunten die ervaren werden bij het gebruik van de vorige versie van de richtlijnen, alsook naar ervaring met betrekking tot nieuwe technieken met een focus op duurzaam waterbeheer.
3. In derde instantie kregen de richtlijnen een inhoudelijke update en aanvulling, o.a. op basis van de resultaten van de online bevraging en de huidige kennis met betrekking tot nieuwe technieken. De layout van de richtlijnen werd zo aangepast dat de bemaling van lijntrajecten mee verwerkt werd in het document, en niet meer als aparte bijlage toegevoegd is.

Uiteindelijk moeten de nieuwe richtlijnen (net als die van 2019 en 2021) leiden tot bemalingen:

- die efficiënt en economisch verantwoord zijn, met toepassing van steeds evoluerende 'beste beschikbare technieken' (BBT);
- waarvan de mogelijke negatieve impact op de omgeving geminimaliseerd wordt;
- die voldoen aan de huidige regelgeving;
- die via de monitoringsresultaten, met concreet verifieerbare bepalingen, handhaving mogelijk maken en een leerproces op gang brengen.

2 Een bemaling ... wat nu?

Een bemaling is het tijdelijk of permanent verlagen van de natuurlijke grondwaterstand door het oppompen van grondwater. In Vlaanderen is hiervoor bij de meeste bemalingen een voorafgaande aktenaam of omgevingsvergunning nodig⁴. Vóór het uitvoeren van een bemaling moeten een aantal technische en praktische vragen beantwoord worden. De antwoorden op deze vragen vind je in een goed uitgevoerde bemalingsstudie. Een bemalingsstudie is gebaseerd op een gegevensverzameling van een aantal geometrische, geologische en hydrologische karakteristieken en randvoorwaarden.

Wat heb je nodig om een bemaling te laten bestuderen, melden, vergunnen, aanleggen, exploiteren ...?

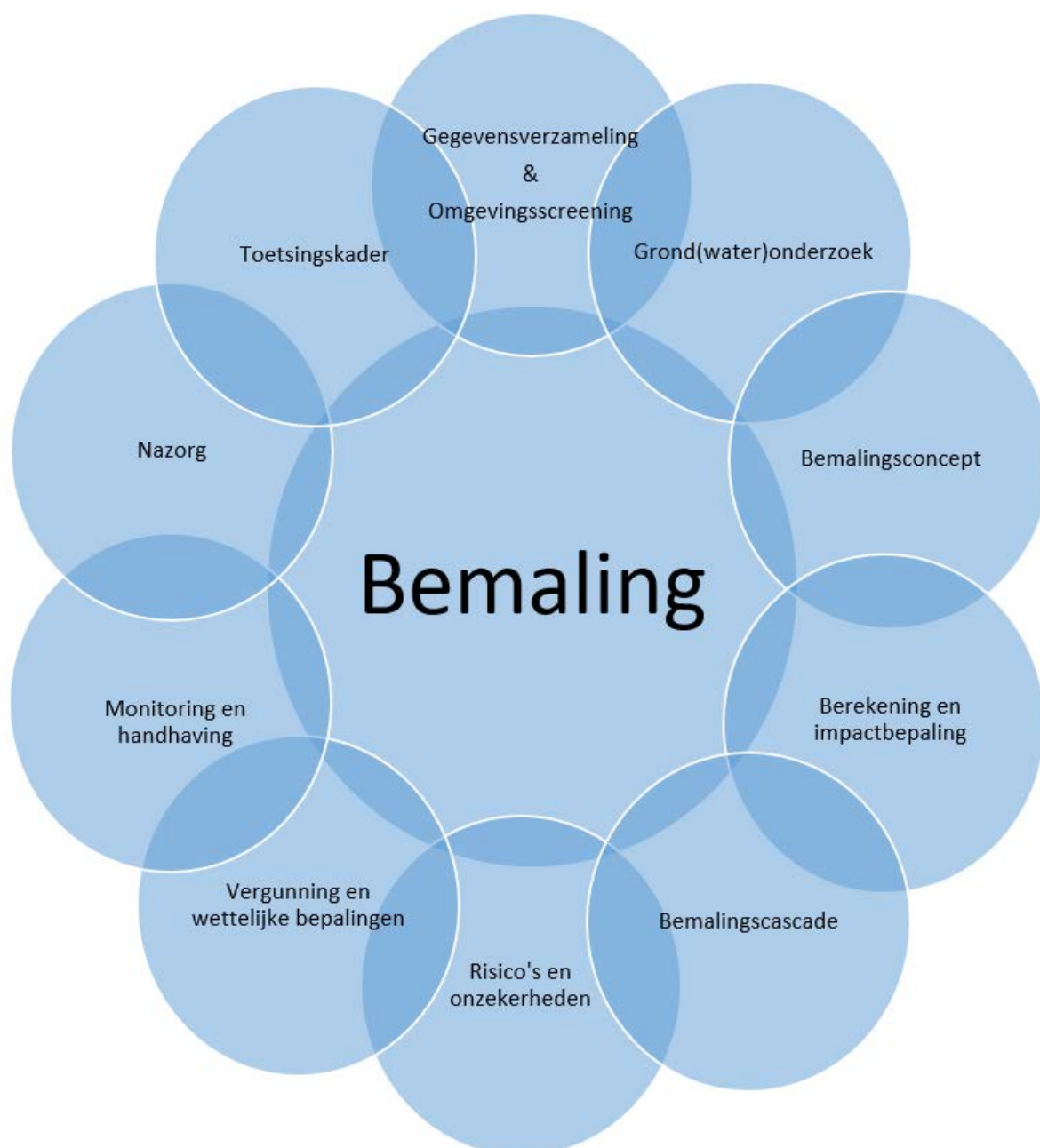
In de volgende paragrafen worden deze facetten toegelicht. De volgorde is niet noodzakelijk de effectieve chronologische volgorde van aanpak, vaak wordt teruggesproken naar een eerdere paragraaf om tot een grondige, betrouwbare en duurzame oplossing te komen met bijzondere aandacht voor de milieutechnische aspecten van een bemaling.

Figuur 1 geeft een visuele voorstelling van de volgende paragrafen en geeft aan dat alle paragrafen onderling met elkaar verbonden en verweven zijn.

² <https://vmm.vlaanderen.be/beleid/waterbeleid/grondwater/vergunning-bemalingen>

³ <https://vmm.vlaanderen.be/diensten-producten/rekeninstrumenten-bemalingsnota>

⁴ Bemalingen met een beperkte omvang en korte duurtijd zijn niet ingedeeld. Dit betekent echter niet dat ze geen negatieve effecten op de omgeving kunnen veroorzaken en zonder meer mogen worden uitgevoerd. Voor meer informatie wordt verwezen naar [bijlage 6.8](#).



Figuur 1: Onderdelen van het stappenplan dat moet leiden tot een 'best practice' bemaling.

Samengevat zijn volgende stappen belangrijk bij het ontwerp en de uitvoering van een ‘best practice’-bemaling (zie ook Figuur 1). De stappen worden in detail uitgewerkt in de paragrafen 3.1 tot 3.11.

Gegevensverzameling en omgevingsscreening (zie ook paragraaf 3.1)

Bij de start van een bemalingsstudie wordt eerst alle relevante informatie verzameld over het bouw- of infrastructuurproject, over de locatie van het project en over de ruimere omgeving die een impact van de bemaling kan ondervinden. Het bepalen van de reikwijdte van deze impact kan een iteratief proces zijn, afhankelijk van het bemalingsconcept en de duur van de bemaling.

Tijdens deze stap moet een overzicht opgesteld worden van essentiële maar ontbrekende gegevens en kunnen er aanbevelingen gedaan worden voor het uitvoeren van terreinproeven zoals sonderingen en boringen. Bovendien wordt een overzicht gemaakt van de van toepassing zijnde randvoorwaarden.

Er zijn verschillende bronnen om gegevens en randvoorwaarden te verzamelen. Vaak zijn er al nuttige gegevens beschikbaar uit een voorafgaand of in de nabijheid uitgevoerd grondonderzoek. Ook publiekelijk beschikbare gegevens kunnen online geraadpleegd worden (bv. via DOV⁵, Geopunt⁶, Waterinfo⁷ ...).

Grond(water)onderzoek (zie ook paragraaf 3.2)

In tweede instantie wordt, op basis van de resultaten van de gegevensverzameling en omgevingsscreening, een lokaal grond(water)onderzoek uitgevoerd, dat meestal bestaat uit sonderingen, boringen, het plaatsen van peilputten en eventueel het uitvoeren van een staalname en -analyse van het grondwater.

Opstellen bemalingsconcept (zie ook paragraaf 3.3)

Na het verwerken van het lokaal uitgevoerd grond(water)onderzoek, wordt een geschikt en specifiek bemalingsconcept opgesteld. Hiervoor is inzicht nodig in, en kennis van, de verschillende beschikbare bemalingstechnieken. Ook begrip van de omstandigheden waarin het toepassen van een bepaalde techniek al dan niet aangewezen is, is noodzakelijk.

Rekenmethoden voor impactbepaling (zie ook paragraaf 3.4)

Bij deze stap worden de berekeningen uitgevoerd om het bemalingsdebiet, de invloedsstraal en theoretische absolute en differentiële zettingen te bepalen. Deze berekeningen kunnen analytisch uitgevoerd worden maar in meer complexe situaties wordt numeriek gemodelleerd, al dan niet tijdsafhankelijk. Wie de berekeningen uitvoert, hangt af van de potentiële risico's en eventuele significante negatieve impact die kan ontstaan op de omgeving.

Bemalingscascade (zie ook paragraaf 3.6)

Bij het selecteren van de bestemming van het bemalingswater, moet rekening gehouden worden met de bemalingscascade. Het doel van deze cascade is het doorlopen van 4 stappen om de impact van de bemaling op het grondwatersysteem maximaal te beperken. Na het doorlopen van de bemalingscascade kan het noodzakelijk zijn het bemalingsconcept te herzien. De bemalingscascade wordt dan ook best in het achterhoofd gehouden bij het ontwerpen van het bemalingsconcept.

⁵ <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner&thema=bemalingen#ModulePage>

⁶ <https://www.geopunt.be/>

⁷ <https://waterinfo.vlaanderen.be/>

Risico's en onzekerheden (zie ook paragraaf 3.7)

Risico's zijn vaak rechtstreeks verbonden aan de onzekerheden over de parameters die gebruikt zijn voor de bemalingsdimensionering. Enkele typische onzekerheden zijn hydraulische parameters, de heterogeniteit van de ondergrond, ligging en aard van verontreinigingen, de doorlatendheid van een waterremmende wand ... De onzekerheden zijn meestal te wijten aan een gebrek aan relevante gegevens, beperkte middelen en tijd om onderzoek adequaat uit te voeren ...

Afhankelijk van de aard en de grootte van een bepaald risico moeten mogelijke terugvalscenario's ingebouwd worden in een bemalingsconcept.

Vergunningsaanvragen en wettelijke bepalingen (zie ook paragraaf 3.8)

Een belangrijke stap vóór de uitvoering van een bemaling, is het doorlopen van het traject in het kader van de omgevingsvergunningenregelgeving. De klasse waarin de bemaling wordt ingedeeld volgens de indelingslijst van VLAREM II hangt in belangrijke mate af van het bemalingsdebiet, het totaal netto bemalingsvolume, de duur van de bemaling en de diepte van de grondwaterverlaging onder het maaiveld. Ook de ligging van de bemaling (bv. in de buurt van een speciale beschermingszone of beschermd duingebied) speelt een rol. Voor klasse 1 en 2 inrichting met een bemaling moet een omgevingsvergunning worden aangevraagd, voor een klasse 3 inrichting met een bemaling volstaat een melding. Bemalingen met een beperkte omvang en korte duurtijd zijn niet ingedeeld als zij gevat zijn door de uitzonderingen zoals vermeld onder rubriek 53 van de indelingslijst van VLAREM II.

Monitoring en handhaving (zie ook paragraaf 3.9)

Monitoring heeft als doel om tijdens (en eventueel voor en na) een bemaling te verifiëren of het resultaat voldoet aan de eisen en voorspellingen van het ontwerp, maar ook aan de vergunningsvoorwaarden. Enkele belangrijke elementen van monitoring zijn peil- en debietmetingen. Het uitvoeren van debietmetingen is wettelijk verplicht⁸. In specifieke gevallen kunnen ook zettingsmetingen en kwaliteitsmetingen van het bemalingswater aan de orde zijn. Monitoringsresultaten moeten vlot en frequent raadpleegbaar zijn, wat adequate handhaving in de hand moet werken.

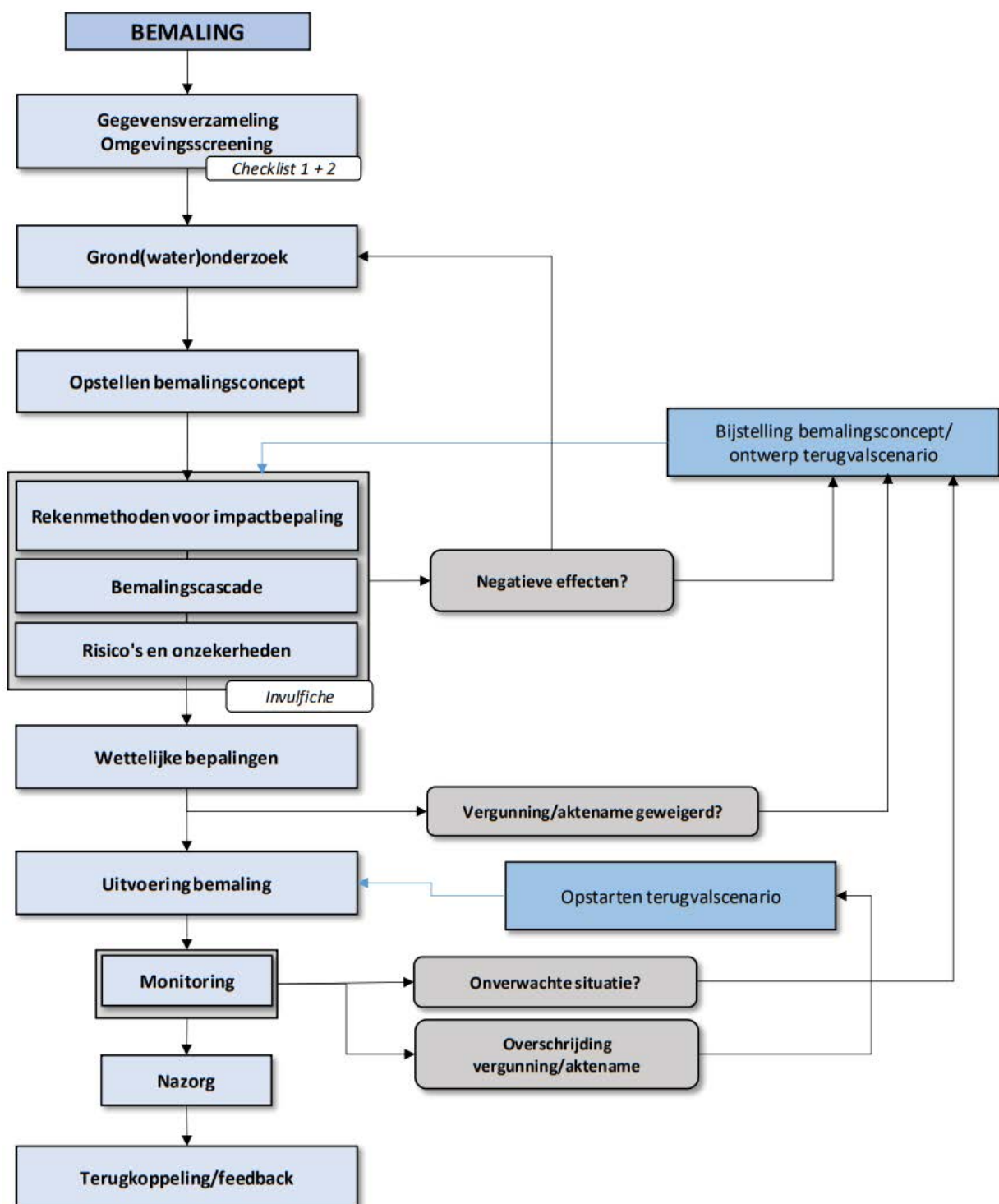
Nazorg (zie ook paragraaf 3.10)

Een belangrijk aspect van een bemaling is het beëindigen en de nazorg van bemalingssystemen. Deze stap omvat o.a. de buitengebruikstelling van installaties, het fysiek verwijderen van materiaal zoals filterelementen uit de ondergrond, het afdichten van boorgaten, het doorgeven van het tijdstip van ontmanteling en de tellerstand via eDOV door de bemaler en de finale rapportering.

Toetsingskader (zie ook paragraaf 3.11)

Het toetsingskader controleert of aan alle eisen uit het stappenplan werd voldaan. Dit zowel tijdens de ontwerpfase, de uitvoeringsfase als in de fase van monitoring en nazorg. Als tijdens deze toetsing blijkt dat niet aan alle eisen wordt voldaan, wordt het ontwerpproces hernomen. Dit toetsingskader is voorgesteld in het stroomschema in Figuur 2.

⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>



Figuur 2: Toetsingskader voor een bemaling.

3 Stappenplan

3.1 Gegevensverzameling en omgevingsscreening

Bij de start van een bemalingsstudie worden in eerste instantie alle relevante gegevens verzameld over de locatie van de bouwput of het lijntraject en over de ruimere omgeving die een impact kan ondervinden. Er wordt tevens een overzicht gemaakt van de van toepassing zijnde randvoorwaarden voor de specifieke locatie en de omgeving. Het bepalen van de reikwijdte van deze omgevingsscreening kan een iteratief proces zijn, afhankelijk van het bemalingsconcept en de duur van de bemaling. De reikwijdte kan later bijgesteld worden in functie van de uitgevoerde berekeningen.

Op basis van de resultaten van de omgevingsscreening moet enerzijds bepaald worden welk lokaal grondonderzoek en grondwateronderzoek uitgevoerd moet worden om een kwaliteitsvolle bemalingsstudie te kunnen opstellen. Hiermee moet reeds in een vroege fase van een project rekening gehouden worden zodat er voldoende tijd is om het nodige grond(water)onderzoek uit te voeren. Kan dat niet (timing, budget ...), dan moet aangegeven worden wat de beperkingen van de gegevens zijn, wat de invloed op het huidige resultaat is, en of bijkomende gegevensverzameling in een latere fase van het project nog moet uitgevoerd worden, waarna de studie kan geactualiseerd worden. Dit kan leiden tot een gefaseerde uitvoering van de studie, bv. eerst stelt men een screenende nota op, daarna voert men bijkomend terreinonderzoek uit (bv. pompproef, extra elektrische sonderingen, meer peilputten in de omgeving, staalname en -analyse van het grondwater ...) en nadien wordt een uitgebreidere studie uitgevoerd waarin de resultaten van het bijkomend onderzoek verwerkt worden.

Anderzijds moet op basis van de resultaten van de gegevensverzameling en omgevingsscreening een overzicht gemaakt worden van de van toepassing zijnde milieutechnische en andere randvoorwaarden. Zo kan (kunnen):

- een bemalingsproject in de buurt van een specifiek aandachtsgebied (bv. een VEN-gebied) gebonden zijn aan een vooraf bepaalde maximale grondwaterverlaging. Aandachtsgebieden waarmee rekening moet gehouden worden in het ontwerp van een bemalingsconcept worden in detail besproken in [bijlage 6.5](#);
- specifieke hydrogeologische omstandigheden leiden tot het noodzakelijk gebruik van specifieke geotechnische technieken (bv. waterremmende wanden, [bijlage 6.18](#)) of bemalingstechnieken (bv. spanningsbemaling, retourbemaling ..., [bijlage 6.9](#)) om een eventuele negatieve impact op de omgeving te beperken/vermijden;
- verontreinigd of verzilt grondwater op of in de omgeving van het bouwperceel of infrastructuurproject leiden tot noodzakelijke invloedsbeperkende maatregelen zoals waterremmende wanden ([bijlage 6.18](#)), tegenbemaling, retourbemaling ... ([bijlage 6.9](#)).

Hoewel de geotechnische randvoorwaarden niet de focus van deze richtlijnen zijn, moeten deze randvoorwaarden steeds bekeken worden. Gebeurt dat niet, dan kan het zijn dat een bemalingsconcept niet uitvoerbaar en dus waardeloos is.

Bij het uitvoeren van de gegevensverzameling en omgevingsscreening, worden hoogtepeilen (Z-coördinaten) idealiter in het TAW-referentiestelsel uitgedrukt om éénduidigheid te creëren en verwarring te voorkomen. Lokale, relatieve peilen kunnen in principe gebruikt worden als het referentiepunt opgemeten wordt in het TAW-stelsel. Daarbij verwijst het referentiepunt ook altijd naar een object waarneembaar op satellietbeelden (bv. riooldeksel). Vermijd referenties naar dorps.

Verschillende bronnen zijn beschikbaar om informatie te verzamelen in kader van een omgevingsscreening:

- Reeds beschikbare informatie over de ondergrond en het grondwater, bv. in het kader van eerdere werken of in het kader van andere studies zoals decretale bodemonderzoeken, infiltratiestudies ...;
- Andere projecten in de omgeving. Dit is vooral interessant wanneer het hydrogeologische profiel vergelijkbaar is met dit van de buurpercelen en/of wanneer die projecten sowieso binnen de invloedsstraal van de nieuwe bemaling liggen;
- Publiek beschikbare gegevens kunnen online geraadpleegd worden via DOV⁹, Geopunt¹⁰, Waterinfo¹¹ ... Deze online databanken bevatten (punt)gegevens (boringen, sonderingen, metingen grondwaterstand ...) die vooral interessant zijn om de ruimere hydrogeologische context in beeld te brengen. Zijn er publieke, relevante en kwalitatieve gegevens van de projectpercelen of van locaties binnen de invloedsstraal van de bemaling, dan kunnen deze heel bruikbaar zijn. Verder is er heel wat kaartmateriaal opgenomen in DOV: geologische kaarten, hydrogeologische kaarten, topografische kaarten, bodemkaarten, veenwaarschijnlijkheidskaarten¹², grondwaterbeschermingskaarten, verziltingskaarten, vergunningen, actieve bemalingen ... DOV geeft tevens een overzichtelijk beeld van de uitgevoerde decretale bodemonderzoeken, risicogronden, schadegevallen en PFAS *no regret* zones in de buurt van een bemalingsproject. Via de bodemverontreinigingsverkenner¹³ (op DOV) kan informatie opgezocht worden over de gronden die opgenomen zijn in het Bodeminformatieregister. De erkende bodemsaneringsdeskundigen kunnen via het webloket¹⁴ meer specifieke informatie opzoeken over de effectieve verontreinigingstoestand van het grondwater ter hoogte van de al uitgevoerde onderzoeken. Ook kunnen via de online databanken alle van toepassing zijnde randvoorwaarden in kaart gebracht worden, zoals het voorkomen van bijzondere aandachtsgebieden;
- Grondmechanische kaarten. Deze kaarten geven geologische en hydrogeologische informatie op schaal 1:10 000 en 1:5 000¹⁵. Ze zijn alleen beschikbaar voor de agglomeraties Antwerpen, Brussel, Charleroi, Gent, Luik en Bergen;
- Oude historische kaarten (bv. Ferraris) of luchtfoto's die soms interessant zijn voor mogelijk nog relevante historische elementen (te consulteren via Geopunt¹⁰).

Bijlage 6.2 bevat een checklist (checklist 1) met een overzicht van de voornaamste gegevens die verzameld moeten worden. Er staat ook of de info cruciaal is in de fase van gegevensverzameling/omgevingsscreening of pas noodzakelijk is verder in het proces om het bemalingsconcept bij te stellen of om een correctere effectbeoordeling op te maken. Dit is een

⁹ <https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=verkenner&thema=bemalingen#ModulePage>

¹⁰ <https://www.geopunt.be/>

¹¹ <https://waterinfo.vlaanderen.be/>

¹² <https://www.dov.vlaanderen.be/page/veen>

¹³

<https://www.dov.vlaanderen.be/portaal/?module=bodemverontreinigingsverkenner&pos=140500,200000&res=280.0000000088187>

¹⁴ <https://services.ovam.be/webloket-bodem/bsd/login.seam>

¹⁵ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/grondmechanische-kaart>

belangrijk deel van het toetsingskader (Figuur 2).

Bijlage 6.4 bevat een checklist met de meest voorkomende milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden en de omstandigheden waarin ze relevant zijn. Zo wordt nagegaan of een project voldoet aan de relevante randvoorwaarden. Dit is een belangrijk deel van het toetsingskader (Figuur 2).

3.2 Grondonderzoek en grondwateronderzoek

Op basis van de resultaten van de gegevensverzameling en omgevingsscreening wordt bepaald welk grondonderzoek en grondwateronderzoek er minimaal beschikbaar moet zijn en aan welke uitvoeringsrichtlijnen dit grondonderzoek moet voldoen. Hierbij kan men zich laten leiden door de richtlijnen rond het uitvoeren van grond(water)onderzoek opgenomen in **bijlage 6.3**. De resultaten van dit grondonderzoek vormen een onmisbare input van een degelijke bemalingsstudie.

3.3 Opstellen van het bemalingsconcept

Na het verzamelen van gegevens en het analyseren van bijbehorende randvoorwaarden, moet tot een geschikt en specifiek bemalingsconcept gekomen worden. Hiervoor is inzicht nodig in, en kennis van de verschillende beschikbare bemalingstechnieken, maar ook van de omstandigheden waarin een bepaalde techniek aangewezen is. Een bemalingsconcept opstellen gebeurt het best door een gespecialiseerd studiebureau of een andere instantie met de nodige ervaring.

Een technisch overzicht van de meest gehanteerde bemalingstechnieken wordt in detail besproken in **bijlage 6.9**. In **bijlage 6.10** is een matrix terug te vinden van welk(e) bemalingstechniek(en) in welke context haalbaar en aangewezen zijn. Er moet bij het opstellen van het bemalingsconcept tevens rekening gehouden worden met van toepassing zijnde wettelijke bepalingen (**bijlage 6.8**).

- **open bemaling:**
afvoer van vrij uit taluds en putbodem toestromend grondwater en bodemwater, alsook hemelwater, door greppels of putten te graven in een bouwput tot een plaatselijk verdiept gedeelte (de pompput) waaruit het water kan worden weggepompt.
- **bemaling via horizontale drains:**
bemaling die wordt uitgevoerd via een in de bodem aangebrachte drain, waarop een pomp wordt aangesloten, rechtstreeks via een zuigerpomp of via een collectorleiding met een pompput en een dompelpomp.
- **bemaling met verticale filters:**
bemaling waarbij het water via verticale filters aangesloten op een zuigleiding en een zuigerpomp wordt weggepompt.
 - gravitaire filterbemaling;
 - getrapte filterbemaling;
 - vacuüm filterbemaling.
- **bemaling met dieptebronnen:**
bemaling waarbij het water via verticale bronnen, pers- en afvoerleidingen en onderwaterpomp(en) wordt weggepompt.
 - gravitaire bronnen met onderwaterpompen;
 - vacuümbronnen (onderwaterpompen gecombineerd met vacuüm).
- **spanningsbemaling:**
een bemaling die wordt uitgevoerd in een gespannen watervoerende laag.

Het ontwerpen van een bemalingsconcept impliceert indien nodig ook het ontwerp van invloedsbeperkende maatregelen. Mogelijke maatregelen zijn bv. het weer in de ondergrond brengen van (een deel van) het bemalingswater of het voorzien van waterremmende wanden ([bijlage 6.18](#)), al dan niet aangezet in een waterremmende laag.

3.4 Rekenmethoden voor impactbepalingen

3.4.1 Analytische en numerieke rekenmethodes

Deze stap omvat het uitvoeren van berekeningen ter bepaling van het bemalingsdebiet, het totaal netto/bruto volume en de invloedsstraal van een bemaling. De berekeningen kunnen analytisch uitgevoerd worden. In meer complexe situaties wordt het bemalingsconcept numeriek gemodelleerd, al dan niet tijdsafhankelijk. Naast analytische formules en numerieke modelleringen bestaan ook andere minder toegepaste rekenmethoden.

In [bijlage 6.12](#) worden de meest gehanteerde rekenmethoden, zowel analytische als numerieke, gepresenteerd. Er wordt aangegeven wat het toepassingsdomein is en wat de voordelen, nadelen en beperkingen zijn van elke rekenmethode. Tevens worden er drie niveaus van impactbepaling geïntroduceerd: de Basistoets, de Uitgebreide toets en de Experttoets (zie paragraaf 3 in [bijlage 6.12](#)). Welk niveau voor een specifiek bemalingsproject van toepassing is, wordt bepaald door de risico's en mogelijke significant negatieve effecten op de omgeving. Afhankelijk van het niveau wordt opgelijst welke persoon/instantie de berekeningen kan uitvoeren en welke rekenmethoden het meest geschikt zijn.

Wat de numerieke methodes betreft, wordt de nadruk gelegd op het gebruik van MODFLOW (een 'eindige verschillen' rekenmodel), aangezien dit wereldwijd en ook in Vlaanderen veruit de meest gebruikte grondwatersoftware is. Grondwatermodellering is ook een discipline op zich die in het kader van deze opdracht alleen wordt belicht in functie van het ontwerpen van een bemaling.

Er worden daarom een aantal basisstappen toegelicht en typische technieken die tot een doelgericht bemalingsconcept kunnen leiden, zoals:

- Hoe bepaal je de ruimtelijke grenzen van het lokaal aangepast grondwatermodel in functie van de voorspelde invloedszone van de bemaling in het grondwatersysteem?
- Hoe wordt de hydrogeologische grondopbouw vertaald in de verticale opdeling van een model?
- Hoe verfijn je het grid, zowel horizontaal als verticaal, om alle fysische elementen van een bouwput (wanden, funderingen) en van een bemalingssysteem (alle types bemaling; [bijlage 6.9](#)) in het model te definiëren?
- Welke gevoelige parameters en/of randvoorwaarden moeten worden onderzocht? Hoe omgaan met onzekerheden?
- Hoe kunnen typische bemalingselementen in een MODFLOW-omgeving worden vertaald?

Tevens wordt in [bijlage 6.12](#) meer uitleg gegeven over de Grondwatersimulator, die in opdracht van VMM ontwikkeld werd en die kan gebruikt worden zonder dat hiervoor specifieke technische kennis over grondwatermodelleren vereist is.

3.4.2 Zettingsberekeningen

Absolute en differentiële zettingsberekeningen verdienen speciale aandacht. De aanwezigheid van zettingsrisico's is namelijk heel vaak de aanleiding voor meer uitgebreide bemalingsstudies en eventueel invloedsbeperkende maatregelen zoals de toepassing van waterremmende wanden

of retourbemaling.

Er is geen 100 % betrouwbare manier om vooraf de zettingen te berekenen die effectief optreden bij een bemaling. Indien theoretisch berekende zettingen een overschatting vormen van de reëel optredende zettingen, kan dit zware gevolgen hebben voor het voorgestelde bemalingsconcept, en kan het leiden tot onnodig zware investeringen. Een benadering van zettingsberekeningen is uitgewerkt in [bijlage 6.13](#).

Indien door de ontwerper ingeschat wordt dat er op basis van de berekende theoretische zettingen een risico is op schade, kan het nuttig zijn een proefbemaling in combinatie met zettingsmetingen uit te voeren in de ontwerpfase. Deze vorm van onderzoek is uitgebreider beschreven in [bijlage 6.3](#).

Indien er zettingsrisico's zijn ([bijlage 6.13](#)), dan is het conform VLAREM II artikel 5.53.1.3.¹⁶ verplicht, voorafgaand aan de start van de werken, een plaatsbeschrijving uit te voeren van al de constructies in zettingsgevoelige gronden. Door ontwatering kunnen deze gronden een gevaar zijn voor de stabiliteit van de constructies binnen de invloedszone van de bemaling. Op deze constructies worden zettingbakens aangebracht en genivelleerd t.o.v. een referentiepunt buiten de invloedszone. Bij gebouwen die al scheuren vertonen kunnen scheurmetingen worden uitgevoerd (voor, tijdens en na de bemaling). Zo wordt vermeden dat bestaande schade aan het bemalingsproject wordt toegeschreven. Een continue monitoring van de effectief optredende zettingen is aanbevolen ([bijlage 6.16](#)).

3.5 Meetstaat

De kostprijs is één van de bepalende elementen die het finale bemalingsconcept vormgeeft, zeker als er alternatieven zijn die tegenover elkaar kunnen worden afgewogen. De prijzen zijn afhankelijk van terreinomstandigheden (bereikbaar/berijdbaar terrein), de geologie (harde/zachte formaties), de grondwaterstand in rust, de omvang en specificaties van de installatie, de duurtijd van het project, de noodzaak tot zuivering van het bemalingswater ... Daarom wordt aangegeven welke typische kostenelementen in rekening kunnen worden gebracht. Dit wordt vertaald naar een meetstaat ([bijlage 6.14](#)), zodat hiermee de markt kan bevroegd worden.

'Dewatering is a poor man's solution' is een uitspraak die aangeeft dat alles wat met bemaling kan opgelost worden, meestal goedkoper is dan elk ander geotechnisch alternatief (bv. natte ontgraving en onderwaterbeton, volledige hydraulische isolatie met diepe waterremmende wanden en/of bodemafdichting ...).

3.6 Bemalingscascade

Om de impact van een bemaling op het grondwatersysteem te beperken, moet rekening gehouden worden met de bemalingscascade die de prioritering geeft bij het zoeken naar een bestemming voor het bemalingswater¹⁷. De cascade bestaat uit vier stappen en is verankerd in VLAREM II via artikel 5.53.6.1.3.¹⁸. De verschillende stappen van de bemalingscascade, die uitgebreid aan bod komen in [bijlage 6.6](#), zijn:

1. Het beperken van het netto onttrokken volume, bv. door het weer in de ondergrond brengen van (een deel van) het bemalingswater, het beperken van de duurtijd van de bemaling ...;

¹⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19065&woLang=nl>

¹⁷ <https://vmm.vlaanderen.be/beleid/waterbeleid/grondwater/bemaling>

¹⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91692&woLang=nl>

2. Het ter beschikking stellen van bemalingswater, bv. aan omwonenden of de gemeentediensten;
3. Lozing op oppervlaktewater, al dan niet via een kunstmatige afvoer zoals de RWA;
4. Lozing op de gemengde riolering of de DWA.

Bij het opstellen van een bemalingsstudie moet de bestemming van het bemalingswater bepaald worden rekening houdend met deze vier stappen. Bij het aanvragen van een vergunning, of het melden via het Omgevingsloket, moet gemotiveerd worden waarom bepaalde stappen niet haalbaar zouden zijn.

3.7 Risico's en onzekerheden

Risico's zijn vaak rechtstreeks verbonden met de onzekerheden over de parameters die als input van de bemalingsdimensionering hebben gediend. De onzekerheden zijn meestal te wijten aan een gebrek aan accurate gegevens en beperkte middelen en tijd om gepast onderzoek uit te voeren. Gevoelige parameters en risico's moeten altijd in een bemalingsconcept worden vermeld. Afhankelijk van de aard en de grootte van een bepaald risico moeten terugvalsscenario's ingebouwd worden.

Enkele typische onzekerheden zijn:

- Hydraulische parameters: horizontale (K_h) en verticale (K_v) doorlatendheden en in mindere mate berging (tijdsafhankelijk effect, belangrijk bij analyse pompproeven). Bij twijfel of onzekerheid kan de gevoeligheid onderzocht worden, bv. door de K_h en K_v waarden te laten variëren binnen uiterste grenzen en de impact op de resultaten te beoordelen. Desgevallend moet een proefbemaling (zie [bijlage 6.3](#)) uitgevoerd worden aangezien een onzekerheid op de hydraulische parameters een onzekerheid oplevert op invloedsstraal, debiet en volume en zo een verregaande impact kan hebben op de al dan niet juist aangevraagde melding/omgevingsvergunning.
- Heterogeniteit van de afzettingen, vooral in ondiepe, quartaire pakketten. Onderzoek gevoeligheid: diktes en dieptes laten variëren binnen uiterste grenzen en impact op de resultaten beoordelen.
- Gebrek aan voldoende accurate gegevens, door budget, timing ... (zie paragraaf 3.1). Zoals hoger aangegeven kan het zijn dat de melding/vergunningsaanvraag in deze situatie uitgesteld wordt naar een latere fase in het bouwproject. Hiermee moet in de planning van het bouwproces rekening gehouden worden.
- Uitvoering (planning en geometrie) kan een impact hebben op het totaal waterbezwaar, wat gevolgen kan hebben voor de aktenaam/vergunning en de impact op de omgeving. Indien de bemaling langer duurt dan voorzien, kan de bemaling in een hogere vergunningsklasse vallen. Bij twijfel is het aangeraden voorzichtigheid in te bouwen en een hoger volume aan te vragen, bv. door de duurtijd te verhogen. De effecten van deze verhogingen moeten wel mee opgenomen worden in de impactbepaling. Er mag niet louter een marge genomen worden op het berekende volume. Wijzigen de uitgravingsdieptes tijdens de ontwerpfase, dan moet dat doorgegeven worden aan de ontwerper van de bemaling.

- Kwaliteit (hydraulische weerstand) waterremmende wanden (**bijlage 6.18**). De gevoeligheid kan onderzocht worden door de weerstand te laten variëren tussen realistische grenzen en de impact te beoordelen. Dit kan leiden tot het bepalen van de minimale weerstand van de wanden die nodig is om het project binnen de aangenomen randvoorwaarden uit te voeren. De (onder)aannemer (uitvoerder van deze wanden) moet deze weerstand kunnen garanderen. Bij discussie tijdens de uitvoering is een beoordeling mogelijk door de grondwaterverlagingen binnen en buiten de wand in relatie te brengen met de weerstand van de wand. Het is evident dat de kwaliteit van de uitvoering van de wand een enorme invloed zal hebben op de bereikte weerstand. Hoe dieper deze wanden worden uitgevoerd, hoe groter het risico op problemen bij de uitvoering en op de garantie van de weerstand.
- Verspreiding, concentraties en aard verontreinigingen (bv. immobiel initieel product, meer mobiele afbraakproducten zoals VOC's, regionale diffuse verontreinigingen zoals PFAS ...). Een goed bemalingsconcept houdt rekening met de van toepassing zijnde richtlijnen van OVAM omtrent de impact van bemalingen op grondwaterverontreinigingen.

Door middel van het toepassen van de methodiek uit de richtlijnen van OVAM kan een eerste analyse uitgevoerd worden van de impact van de bemaling op een perceel met potentieel verontreinigd bemalingswater dat zich binnen de invloedsstraal van de bemaling bevindt. Bij deze eerste analyse wordt onder meer rekening gehouden met de berekende grondwaterverlaging en grondwaterverplaatsing ter hoogte van de verontreiniging. In relevante situaties zal moeten beoordeeld worden of de invloed aanvaardbaar is en/of er invloedswerende maatregelen moeten genomen worden en/of monitoring noodzakelijk is, al dan niet in overleg met de beheerder van de bodemverontreiniging.

Bij regionale diffuse verontreinigingen, zoals bv. PFAS in en rond Zwijndrecht of zware metalen rondom voormalige erts verwerkende bedrijven in de Kempen, is het aanbevolen voorafgaand aan de bemaling een beeld te vormen over de verwachte concentraties in het bemalingswater. Dit kan door een staal van het grondwater uit een peilbuis te analyseren. De monsternamen gebeuren conform het compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water (WAC/I/A/007¹⁹). Zie ook paragraaf 2.5 in **bijlage 6.3**.

- Verspreiding verzilting. De verziltingskaart geeft de diepte weer van het grensvlak tussen zoet en zout grondwater in het kust- en poldergebied. Zowel de verziltingskaart uit 1974 als de recentere kaarten uit 2014/2017 kunnen geraadpleegd worden op DOV²⁰. Voor meer informatie over het gebruik van de verschillende versies wordt verwezen naar **bijlage 6.5** en **bijlage 6.17**.

In (de nabijheid van) verzilte gebieden wordt aangeraden het zoutgehalte te onderzoeken en te vergelijken met de beschikbare kaarten. Deze evaluatie is belangrijk voor de verstoring van het zoet-zout-evenwicht én voor de kwaliteit van het bemalingswater dat bv. van zout naar brak kan evolueren. Bij lozing en het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater is de kwaliteit van het water heel belangrijk. In **bijlage 6.17** worden metingen van zoutgehalten en de tijdsafhankelijke monitoring in een verticaal profiel gedocumenteerd.

¹⁹ <https://emis.vito.be/nl/node/272>

²⁰ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/verziltingskaart>

- Ontwerp van de bemaling. Het is aanbevolen dat het aangestelde VLAREL-erkende bemalingsbedrijf een kwalitatieve controle uitvoert van de bemalingsstudie en het daaruit voortvloeiende bemalingsconcept vooraleer het bemalingsplan op te stellen. Ze moeten zeker zijn dat het concept technisch uitvoerbaar is en moeten melden aan het bouwteam dat er bv. foute aannames of parameters zijn gebruikt, of dat er zaken veranderd zijn in de periode tussen studie en uitvoering. Bovendien moet het bemalingsbedrijf de vrijheid krijgen optimalisaties voor te stellen, al dan niet ingegeven vanuit eigen belang. Indien dit leidt tot aanpassingen van het voorliggende concept waarmee de melding werd gedaan of de vergunning is aangevraagd, moet nagekeken worden of het nieuwe plan past in de geakteerde melding of afgeleverde vergunning. Is dit laatste niet het geval, dan moet opnieuw een melding worden gedaan of een verandering van de vergunning of een nieuwe vergunning worden aangevraagd. Door het opnieuw moeten doorlopen van de procedure voor een melding/omgevingsvergunningsaanvraag kan er veel kostbare tijd verloren gaan. Het niet tijdig controleren van de uitvoerbaarheid van een bemaling voor de opstart resulteert vaker in een vertraging of een verhoging van het beoogde budget.
- Afwijkingen tijdens de uitvoeringsfase. Geen enkele bemaling loopt in de praktijk precies zoals in de bemalingsstudie is vooropgesteld, zelfs als het bemalingsconcept bij uitvoering minutieus wordt gevolgd. Dit hoeft op zich geen probleem te zijn, zolang er gewerkt kan worden binnen de toegekende vergunningsvoorwaarden. De geminimaliseerde impact op de omgeving moet ook aangetoond worden. Dat moet blijken uit de monitoringsresultaten.

Regelmatig blijkt uit de bemalingsstudie dat de kwantitatieve resultaten neigen naar een hogere vergunningsklasse. In dat geval wordt geadviseerd om conservatiever te rekenen met de gehanteerde parameters, zodat de bemaling in een hogere vergunningsklasse valt en de effecten hiervan ook beoordeeld kunnen worden. Zo kan vermeden worden dat tijdens de uitvoering niet meer aan de vergunningsvoorwaarden kan voldaan worden. Het aanvragen en krijgen van een hogere vergunningsklasse dan diegene die theoretisch strikt noodzakelijk is, is geen vrijbrief om onnodige volumes water te verpompen en te lozen. Bij het concept en de uitvoering van elke bemaling moet men ervan uitgaan zo weinig mogelijk netto-debiet te verpompen, om zo de impact op de omgeving in al zijn aspecten te minimaliseren. Er moet wel genoeg marge zijn voor beperkte afwijkingen tijdens de uitvoering. Bijkomend moet er voldoende tijd worden voorzien en aangevraagd zodat bij vertraging van de werken de vergunningstermijn niet wordt overschreden.

Er kunnen tijdens de uitvoering afwijkingen optreden die kunnen resulteren in tijdelijke stilstand, bv. indien een grondwaterzuiveringsinstallatie het opgepompte debiet niet kan verwerken. Ook voor dergelijke situaties is het belangrijk voldoende conservatief te rekenen in een bemalingsstudie.

3.8 Omgevingsvergunning, melding en wettelijke bepalingen

Een belangrijke stap vóór een bemaling, is het doorlopen van het traject voor de omgevingsvergunningenregelgeving.

Het bemalingsdebiet, het totaal volume en de diepte van de grondwaterverlaging onder het maaiveld, de ligging van de bemaling (bv. in de buurt van speciale beschermingszones of beschermde duinen), bepalen of een vergunningsaanvraag noodzakelijk is dan wel een melding volstaat. Bemalingen

van beperkte omvang zijn onder bepaalde voorwaarden niet ingedeeld (**bijlage 6.8**).

Specifiek voor bemalingen voor het verwezenlijken van werken of de aanleg van nutsvoorzieningen (rubrieken 53.2.²¹ en 53.11.²² in de indelingslijst) werd de indeling in klassen grafisch uitgewerkt in een stroomschema in **bijlage 6.7** van deze richtlijnen. Dit stroomschema kan tevens gedownload worden via de website van VMM²³.

Het nuttig hergebruik van bemalingswater zit mee vervat in de vergunning/aktenaam voor de bemaling tot een maximaal volume van 5.000 m³/jaar. Bij het ter beschikking stellen van grotere volumes moet bijkomend rubriek 53.8 worden aangevraagd (**bijlage 6.6** en **bijlage 6.8**).

Ook de lozing van bemalingswater kan niet ingedeeld, meldings- of vergunningsplichtig zijn. Indien nodig moet rubriek 3.8²⁴ worden aangevraagd. Ook voor deze rubriek werd een stroomschema uitgewerkt en toegevoegd aan **bijlage 6.7** van deze richtlijnen. Indien rubriek 3.8 wordt aangevraagd, is ook de eventuele toepassing van een grondwaterzuiveringsinstallatie (GWZI) hierin vervat. Er gelden enkele uitzonderingen op rubriek 3.8, voor lozingen van bemalingswater die geen tot weinig impact hebben op de ontvangende oppervlaktewaters. Ook voor niet-ingedeelde lozingen, is het plaatsen van een GWZI toegelaten.

Andere wettelijke randvoorwaarden zoals sectorale voorwaarden, lozingsvoorwaarden, heffing op lozing, VLAREL-erkenning van de bemalingsbedrijven en debietmeters zijn in detail besproken in **bijlage 6.8**.

Vóór de melding/vergunningsaanvraag kan de bijgevoegde invulfiche (**bijlage 6.15**) overlopen worden door de opdrachtgever of ontwerper zodat geverifieerd wordt of alle noodzakelijke aspecten onderzocht zijn. Deze invulfiche kan ook door de vergunningverlener/handhaver als praktische leidraad gebruikt worden bij het controleren van de melding/vergunningsaanvraag/werkelijke uitvoering.

3.9 Monitoring en handhaving

Elke bemaling heeft als doel een bepaalde verlaging te realiseren waarbij de impact op de omgeving geminimaliseerd wordt. Het is dan ook evident dat de monitoring voor elke bemaling zo georganiseerd wordt dat het behalen van die doelstelling geverifieerd kan worden.

Het doel van de monitoring is:

- de initiële situatie in kaart brengen;
- de effectiviteit van de bemaling en de impact op de omgeving beoordelen voor, tijdens en na de bemalingsperiode;
- tijdens (en eventueel na) een bemaling verifiëren of het resultaat voldoet aan de eisen en voorspellingen van het ontwerp en aan de geldende voorwaarden;
- handhaving mogelijk maken;
- een leerproces induceren in functie van toekomstige projecten.

Monitoringsresultaten moeten vlot raadpleegbaar zijn voor belanghebbenden, waardoor handhaving door de bevoegde diensten gemakkelijker moet worden.

²¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70326&woLang=nl>

²² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70335&woLang=nl>

²³ <https://vmm.vlaanderen.be/beleid/waterbeleid/grondwater/vergunning-bemalingen>

²⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=92007&woLang=nl>

Bovendien kan via monitoring een leerproces geïnduceerd worden. Dit kan gerealiseerd worden door monitoringsresultaten centraal te registreren en publiek toegankelijk te maken, zodat ze door ontwerpers, bemalers of andere belanghebbenden kunnen geconsulteerd worden bij latere bemalingsprojecten in de buurt. Ook een centraal registratiesysteem kan handhaving ten goede komen. De ontwikkeling van eDOV²⁵ alsook de verplichting om de resultaten van proefbemalingen te bezorgen aan de VMM²⁶, zijn stappen in deze richting.

Welke minimale monitoring noodzakelijk is voor elke bemaling, wordt verduidelijkt in VLAREM II en **bijlage 6.16**. Zo zijn debietmetingen en het bijhouden van een logboek²⁷ steeds verplicht. De verplichte monitoring bij ingedeelde bemalingen is uitgebreider dan bij niet ingedeelde bemalingen en bepaalde risico's kunnen aanleiding geven tot een meer uitgebreide monitoring (bv. monitoring van zettingen rondom een bemaling). Algemeen geldt dat de frequentie voor monitoring hoger ligt in de opstartfase van de bemaling en verlaagd kan worden wanneer de bemaling evolueert naar een (semi)-stationaire fase. Monitoringsresultaten kunnen ervoor zorgen dat het bemalingsconcept aangepast wordt of dat er een terugvalsscenario (zie ook Figuur 2) opgestart wordt.

De ontwerper van de bemalingsstudie stelt steeds een minimale monitoring voor die specifiek voor het project ontworpen is. Hierbij kan rekening gehouden worden met onderstaande parameters en randvoorwaarden.

3.9.1 Dimensies van de bouwput en waterverlaging in de bouwput

Voor elke ingedeelde bemaling moet de te bereiken grondwaterstand minstens in één peilput gemonitord kunnen worden²⁸. Bij bouwputten met een omtrek van meer dan 150 meter wordt één bijkomende peilput geplaatst per bijkomende begonnen schijf van 150 meter. Bij een lijnbemaling moet minimaal 1 peilput per 400 m traject geplaatst worden.

De peilput moet op een zodanige locatie geplaatst worden dat deze representatief is voor het opvolgen van de gewenste grondwaterverlaging en gebruikt kan worden voor een automatische sturing van de pompen. Sinds 1 juli 2025, is een automatische sturing van de pompen verplicht voor nieuw opgestarte bemalingsstrengen²⁹ (**bijlage 6.8** en **bijlage 6.9**). Het bemalingsdebiet moet maximaal beperkt worden door geen diepere grondwaterverlagingen dan technisch noodzakelijk te creëren. Wordt het maaiveld opgemeten (bv. bij de klassebepaling van de bemaling), moet steeds het hoogste peil van het maaiveld in de footprint van de constructie in rekening gebracht worden, inclusief ophogingen. Voor lijntrajecten geldt de maximale verlaging t.o.v. het lokale maaiveld en niet t.o.v. het maximale maaiveldpeil langs het hele traject (**bijlage 6.8**, paragraaf 2.2).

²⁵ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/e-dov-meldpunt-boringen>

²⁶ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91812&woLang=nl>

²⁷ Niet te verwarren met het technisch dossier dat per debietmeter moet worden aangelegd (**bijlage 6.8**).

²⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19111&woLang=nl>

²⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19111&woLang=nl>

Worden bemalingen opgedeeld in verschillende bemalingszones, -trappen en -fasen, dan wordt best binnen elke zone/trap/fase een peilput voorzien. Dergelijke peilputten zijn zeer kwetsbaar tijdens de ontgraving. Is de grondwaterstand stationair en vordert de uitgraving, dan kunnen ze verwijderd worden op voorwaarde dat er:

- altijd een logboek ter beschikking is voor de handhaver (digitaal of fysiek). Daarin moeten de grondwaterstandmetingen in de peilput(ten) in functie van de tijd geregistreerd zijn. Dat moet gebeuren voor de opstart van de bemaling tot de dag van verwijdering.
- een correlatie is gemaakt tussen de metingen in de te liquideren peilbuizen en metingen in peilbuizen op de site die wél behouden kunnen blijven³⁰.

3.9.2 Zettingsrisico's

Indien uit de berekeningen blijkt dat er risico's zijn die niet worden gemitigeerd (bv. door te werken binnen afsluitende waterremmende wanden, retourbemaling ...), dan worden er minimaal peilputten en zettingbouten geplaatst ter hoogte van nabijgelegen zettingsgevoelige constructies (zie [bijlage 6.16](#)). Het aantal meetpunten wordt door de ontwerper bepaald en is heel locatie-specifiek. De peilputten worden geplaatst met filterstelling van de peilbuizen in de watervoerende laag waarin een grondwater(druk)verlaging optreedt. Vóór opstart van de bemaling moeten plaatsbeschrijvingen gemaakt worden van zettingsgevoelige constructies. Bestaande scheuren worden opgemeten en kunnen van rekstroken voorzien worden om de evolutie op te volgen. De zettingsgevoeligheid van de ondergrond kan voorafgaand aan de werken bestudeerd worden door het uitvoeren van een proefbemaling waarbij de werkelijk optredende zettingen worden opgemeten ([bijlage 6.3](#)).

Indien er maatregelen genomen zijn om de verlaging buiten de bouwput te beperken (bv. waterremmende wanden, retourbemaling ...), dan moet deze verlaging gemeten worden rondom de bouwput (bv. aan elke zijde), of ter hoogte van de zettingsgevoelige constructies (te bepalen door de ontwerper), om de doeltreffendheid van de maatregelen te controleren.

3.9.3 Opbarstrisico's

Om het opbarstrisico te beoordelen moet de waterdruk gemeten worden in de top van de watervoerende laag die aanleiding geeft tot een mogelijk opbarsten van de bovenliggende afsluitende laag. Daarvoor worden peilputten geplaatst op de meest nadelige posities. De locatie en filterstelling wordt door de ontwerper vastgelegd. Natuurlijk moet de doorboorde slecht doorlatende laag correct afgedicht worden, zo niet kan langs een slecht afgedichte annulaire ruimte van de peilput kwel ontstaan.

³⁰ Dit kan in praktijk het best uitgevoerd worden door de peilbuizen die wel behouden kunnen blijven reeds bij aanvang van de bemaling te plaatsen en op te meten.

3.9.4 *Verpompte/weer in de ondergrond gebrachte/geloosde debieten*

Bemalingen zijn grondwaterwinningen, waardoor het dus wettelijk verplicht is om de opgepompte debieten te meten en registreren³¹. Sinds aanpassing van de wetgeving op 8 april 2025, is het VLAREL-erkende boorbedrijf ook wettelijk verplicht om de tellerstanden van de debietmeters bij installatie en ontmanteling te melden via de webapplicatie van de Databank Ondergrond Vlaanderen en per debietmeter een technisch dossier bij te houden³². Voor bemalingen die onder rubriek 53.2 ingedeeld zijn, moeten de tellerstanden van de debietmeters ook tussen de installatie en ontmanteling frequent geregistreerd worden door de exploitant.

Bij het weer in de ondergrond brengen is in de meeste gevallen alleen het netto opgepompt volume of debiet bepalend voor de vergunningsklasse. Het is dan ook noodzakelijk dat dit netto volume of debiet aangetoond wordt. Daarom moeten de drie stromen (onttrekken, weer in de ondergrond brengen en lozen) bepaald worden door minimaal 2 van de 3 stromen effectief op te meten. In [bijlage 6.16](#) wordt toegelicht hoe debietmeters correct worden geïnstalleerd.

3.9.5 *Kwaliteit van het bemalingswater*

Indien er sprake is van potentieel verontreinigd bemalingswater ([bijlage 6.1](#)), dan moet het bemalingswater verplicht bemonsterd en geanalyseerd worden bij opstart van de bemaling, of via een representatieve peilbuis voorafgaand aan de bemaling³³. Het bemonsteren en analyseren wordt steeds uitgevoerd door een VLAREL-erkend laboratorium in de discipline water en volgens de procedure WAC/I/A/007 voor bemalingswater. Bij het inschakelen van een nieuwe bemalingsstreng, -fase of -zone met potentieel verontreinigd bemalingswater en gelegen op een afstand van meer dan 20 meter van de reeds geanalyseerde bemaling of representatieve peilbuis, dient opnieuw een staalname en analyse te gebeuren.

In bepaalde gevallen kan het ook nuttig zijn om bij niet potentieel verontreinigd bemalingswater een bemonstering en analyse uit te voeren, bv. als er sprake is van verzilting en hierdoor lozing of weer in de ondergrond brengen van het bemalingswater enkel toegestaan is als er aan specifieke normen wordt voldaan. In welke gevallen dergelijke bijkomende bemonstering en analyse interessant kan zijn, moet het resultaat zijn van een correct uitgevoerde bemalingsstudie.

Voor meer informatie over monitoring van de kwaliteit van bemalingswater, de noodzakelijk te analyseren parameters en de frequentie van de staalanalyses wordt verwezen naar [bijlage 6.16](#).

3.9.6 *Aanwezigheid aandachtsgebieden voor bemalingen*

Zie [bijlage 6.5](#).

In overleg met de beheerder van de gebieden die binnen de invloedzone van de bemaling liggen, kunnen door de ontwerper één of meerdere peilputten voorzien worden langs of in de natuurzone om de invloed van de bemaling op de grondwaterstand te monitoren. Dit kan in sommige gevallen ook opgelegd worden in de vergunning/aktenaam, samen met bijkomende monitoringseisen. Voor meer informatie wordt verwezen naar [bijlage 6.16](#).

³¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19070&woLang=nl>

³² https://reflabos.vito.be/onderzoeksrapporten/2019_CVGP_installatie_controle_van_meetinrichtingen_voor_opgepompt_grondwater.pdf

³³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91695&woLang=nl>

3.9.7 Aanwezigheid verzilt gebied

De overgang tussen zoet en zout water is zelden een scherpe lijn, maar volgt een bepaalde concentratiegradiënt van opgeloste zouten. Die overgang kan zowel horizontaal (bv. vanaf de kust landinwaarts) als verticaal (bv. vanaf een zekere diepte naar het maaiveld toe) zijn. Het is expliciet het doel van een goed bemalingsconcept om de verstoring van het zoet-zout-evenwicht maximaal te vermijden. De impact van de bemaling op deze verdeling van zoet en zout water moet daarom om twee redenen gemonitord worden: om te oordelen hoe deze verdeling wijzigt en zich terug herstelt tijdens en na de bemaling, en om het (evoluerende) zoutgehalte van het opgepompte en te lozen/weer in de ondergrond te brengen water te beoordelen. De positie en het aantal peilputten dat hiervoor nodig is, is locatieafhankelijk en wordt door de ontwerper bepaald. In de vergunning kunnen minimale monitoringsvereisten opgenomen worden. Door elektromagnetische inductiemetingen en resistiviteitsmetingen in peilbuizen kan het saliniteitsprofiel in functie van de diepte worden gemonitord. In [bijlage 6.17](#) wordt meer in detail toegelicht op welke manier de saliniteit van het grondwater kan gemeten worden.

3.9.8 Aanwezigheid verontreiniging

Indien de bemaling een significante impact kan hebben op een naburige grondwaterverontreiniging, dan moet deze gemonitord worden tijdens de bemaling.

De omvang en aard van de noodzakelijke monitoring worden door de ontwerper bepaald in overleg met een erkend bodemsaneringsdeskundige, idealiter diegene van het betreffende decretaal bodemonderzoek. In eerste instantie kan de grondwatergradiënt tussen de verontreiniging en de bemaling gemonitord worden door de grondwaterstanden te monitoren in tussenliggende peilputten. Daarnaast kan de migratie van de verontreiniging gemonitord worden aan de hand van de concentratie-evoluties van specifieke parameters in de peilputten. Er wordt dan gemonitord langs het traject tussen de verontreiniging en de bouwput en ter hoogte van de verontreiniging zelf. In functie van de monitoringsresultaten moet indien nodig een terugvalsscenario opgestart kunnen worden.

In de vergunning/aktenaam kunnen ook minimale monitoringsvereisten opgenomen zijn. Voor meer informatie wordt verwezen naar [bijlage 6.16](#).

3.9.9 Interferentie tussen verschillende watervoerende lagen

Dit item overlapt zowel met de monitoring inzake opbarstrisico's als met de aanwezigheid van zoet/zoutwater-interfaces (zie paragraaf 3.9.3 en 3.9.7). In een aantal gevallen is het nodig om de evolutie van de grondwaterstand in verschillende watervoerende lagen te monitoren en te beoordelen. Een voorbeeld is om, bij de uitvoering van een spanningsbemaling, ook op afstand de grondwaterstand in het freatische pakket op te volgen.

3.10 Nazorg

Een belangrijk aspect van een bemaling is de beëindiging en nazorg van het bemalingssysteem. Dit houdt o.a. in: de buitengebruikstelling van installaties, het fysiek verwijderen van materiaal zoals filterelementen uit de ondergrond, het afdichten van boorgaten, het voldoen aan de van toepassing zijnde wettelijke bepalingen en de finale rapportering.

3.10.1 Beëindigen van de bemaling

Een bemaling kan beëindigd worden wanneer de werken die droog moesten worden uitgevoerd, beëindigd zijn. De werken moeten ver genoeg gevorderd zijn om opdrijven te voorkomen (al dan niet in combinatie met verankering) of om te voorkomen dat andere vormen van schade optreden door de

zich herstellende grondwaterstand.

3.10.2 Het voldoen aan wettelijke randvoorwaarden

Uiterlijk de derde werkdag na de ontmanteling, moet de VLAREL-erkende bemaler de datum van ontmanteling van de installatie doorgeven via eDOV, alsook de tellerstand op het moment van ontmanteling³⁴ (**bijlage 6.8**).

De opdrachtgever moet erover waken dat het logboek met monitoringsgegevens aangevuld is (zie **bijlage 6.15**) en dat ook aan eventuele andere verplichtingen, die opgelegd zijn via de bijzondere voorwaarden in de aktenaam/vergunning, voldaan is (**bijlage 6.8**). Zo wordt soms via een bijzondere voorwaarde opgelegd dat de milieuambtenaar/-dienst van de betrokken gemeente/stad op de hoogte moet gebracht worden bij het beëindigen van de bemaling.

3.10.3 Het achterlaten van de fysieke elementen van een bemalingssysteem

Aangezien bemalingen grondwaterwinningen zijn, geldt hier ook de code van goede praktijk i.v.m. het verlaten van grondwaterwinningen (CVGP; VLAREM II bijlage 5.53.1.³⁵). Deze werkwijze is volgens de huidige wetgeving van toepassing op alle grondwaterwinningen, dus ook bemalingen inclusief peilputten. Ze is technisch echter moeilijk uitvoerbaar bij filterbemalingen en bemaling met horizontale drains. De richtlijn voor het achterlaten van bemalingsfilters en horizontale drains wordt daarom in **bijlage 6.19** toegelicht.

3.10.4 Het herstel van de grondwaterstand

Het herstel van de tijdelijk veranderde grondwaterstand na het stopzetten van de bemaling/retourbemaling is in de meeste gevallen geen probleem. De afpompingskegel wordt vanuit de omgeving weer opgevuld.

Het kan wel een probleem zijn wanneer een retourbemaling werd toegepast om het grondwater dwingend op peil te houden. Wanneer de bemaling plots stopt, dan stopt de retourbemaling even plots omdat die gevoed wordt door de bemaling. Door het opvullen van de afpompingskegel zal het water voorbij de retourbemaling ook tijdelijk dalen, daar waar dit niet gewenst/toelaatbaar is. In dat geval moet de bemaling en retourbemaling zeer geleidelijk stopgezet worden om de verlaging voorbij de retourbemaling te minimaliseren. Dit proces wordt gecontroleerd vanuit de monitoring.

3.10.5 Voortgezette monitoring

Voortgezette monitoring na het stopzetten van de bemaling is in principe aangewezen bij elke bemaling maar zeker in volgende situaties:

- bij het geleidelijk opvullen van de afpompingskegel wanneer een retourbemaling werd toegepast (zie hoger);
- als het herstel-effect op aandachtsgebieden geëvalueerd moet worden;
- als de zoet/zoutwaterverdeling in de omgeving werd beïnvloed. Dit gebeurt door het periodiek loggen van peilbuizen waarbij een verticaal elektromagnetisch of resistiviteitsprofiel wordt opgesteld (**bijlage 6.17**). De ontwerper bepaalt de meetfrequentie. In de vergunning kunnen minimale monitoringseisen opgenomen worden;

³⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

³⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

- als er verwacht wordt dat er bij de plaatsing van waterremmende wanden een opstuweffect kan optreden (**bijlage 6.18**);
- ...

3.10.6 De effecten van permanente bemalingen

Vermijd waar mogelijk permanente bemalingen, want ze zijn per definitie niet waterconserverend/duurzaam. Er zijn wel heel wat grootschalige permanente bemalingen zoals de mijnverzakkingsgebieden in Limburg, de ringwegen rond steden, tunnels, kaaien in de Antwerpse haven ...

Conform rubriek 53³⁶ uit de indelingslijst van VLAREM II, mogen permanente bemalingen enkel uitgevoerd worden om het gebruik of de exploitatie van constructies of terreinen mogelijk te maken of houden (bv. exploitatie van tunnels bij openbare wegen of waterbeheersing van mijnverzakkingsgebieden). Of een permanente bemaling effectief nodig is, moet geëvalueerd worden in een melding of vergunningsprocedure door de bevoegde overheidsdienst, die dan ook instaat voor het opleggen van gevals specifieke debietsbeperkingen en monitoringsvoorwaarden.

Voor niet-openbare infrastructuur is de richtlijn dat een permanente bemaling alleen kan voorzien worden voor het verpompen van een lekdebiet, nadat alle redelijke maatregelen zijn genomen om dit lekdebiet zo klein mogelijk te maken. Een permanente bemaling onder een vloerplaat van een nieuwe ondergrondse constructie om opdrijven te voorkomen en/of om waterinfiltratie te voorkomen, zonder bijkomende maatregelen om het debiet te beperken, wordt niet toegestaan.

3.10.7 Finale rapportering

Bij het beëindigen van een bemaling is het interessant om alle projectgebonden info finaal te rapporteren in een publiek toegankelijk register³⁷. Ontwerpers, bemalers of andere belanghebbenden kunnen dit consulteren bij latere bemalingsprojecten in de buurt. Een centraal registratiesysteem kan handhaving ook ten goede komen. De ontwikkeling van eDOV³⁸, waarbij het VLAREL-erkende boorbedrijf de datum van installatie en ontmanteling, alsook de tellerstand van de debietmeter moet doorgeven, en ook de verplichting om de resultaten van proefbemalingen te bezorgen aan de VMM³⁹, zijn stappen in deze richting.

3.11 Toetsingskader

Een bemalingsstudie moet leiden tot een bemalingsconcept dat voldoet aan alle stappen van het stappenplan. Het moet technisch en financieel haalbaar en volgens de beste beschikbare technieken (BBT) zijn. Als tijdens deze toetsing blijkt dat niet aan alle bovenvermelde voorwaarden wordt voldaan, dan moet het ontwerpproces iteratief herstarten (zie ook Figuur 2).

Concreet betekent dit dat een bemalingsconcept:

1. gebaseerd moet zijn op voldoende kwalitatieve uitgangsggegevens (paragraaf 3.1 en checklist 1 in **bijlage 6.2**) en rekening moet houden met de van toepassing zijnde randvoorwaarden (paragraaf 3.1 en checklist 2 in **bijlage 6.4**);

³⁶ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=70324&woLang=nl>

³⁷ Op het moment van publicatie van voorliggende richtlijnen, is dit geen wettelijke verplichting. Enkel voor proefbemalingen is het wettelijk verplicht om de resultaten te bezorgen aan VMM (zie **bijlage 6.8**).

³⁸ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/e-dov-meldpunt-boringen>

³⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91812&woLang=nl>

2. technisch uitvoerbaar en financieel haalbaar is (paragraaf 3.3);
3. met de juiste rekenmethoden geoptimaliseerd is en geschikt is om een melding of vergunningsaanvraag mee te formuleren en in te dienen, waarbij het ontwerp kwalitatief en kwantitatief onderbouwd is, en bijgevolg aan de wettelijke eisen voldoet (paragrafen 3.4 en 3.8);
4. voldoet aan de vereisten van de bemalingscascade (paragraaf 3.6 en [bijlage 6.6](#));
5. de belangrijkste onzekerheden en risico's aangeeft en indien nodig terugvalsscenario's formuleert (paragraaf 3.7);
6. tijdens de uitvoering kan opgevolgd worden door monitoring en gehandhaafd worden door de toezichthouder (paragraaf 3.9);
7. de nodige nazorg voorziet (paragraaf 3.10).

4 Taakverdeling

Bij het volgen van het stappenplan dat moet leiden tot een '*best practice*' bemaling komen verschillende partijen aan bod. In deze paragraaf wordt getracht een overzicht te geven van welke partij welke taak opneemt bij het uitvoeren van elke stap⁴⁰.

In eerste instantie treedt een partij naar voor die een bemaling wil laten uitvoeren en dus optreedt als opdrachtgever. Dit zal gewoonlijk een bouwheer zijn of een aannemer⁴¹. Deze partij volgt het volledige traject op, van de ontwerpfase tot het beëindigen van de bemaling en het voorzien van de nodige nazorg⁴².

Voorafgaand aan de uitvoering van de bemaling moet de opdrachtgever nagaan wat de verwachte impact op de omgeving kan zijn. De opdrachtgever kan hiervoor een andere partij aanstellen, die een bemalingsstudie zal opstellen waarin het uit te voeren bemalingsconcept wordt voorgesteld alsook de effecten op de omgeving worden begroot. Deze partij wordt aanzien als ontwerper van het bemalingsconcept. Als ontwerper kunnen volgende personen/instanties worden aangesteld:

- Een persoon/instantie met een basiskennis van grondwater, bv. een architect of de opdrachtgever zelf;
- Een persoon/instantie met een goede kennis van grondwater, namelijk een grondwateradviseur, bv. een bemaler, een studiebureau milieu of een erkende bodemsaneringsdeskundige;
- Een persoon/instantie met een diepgaande kennis van grondwatersystemen en grondwatermodellering, namelijk een grondwaterexpert, bv. een MER-deskundige grondwater of erkend modelleur bij OVAM.

De ontwerper stelt in opdracht van de opdrachtgever een bemalingsstudie op en doorloopt de relevante stappen van het stappenplan. In opdracht van de opdrachtgever kan de ontwerper, indien nodig, een vergunningsaanvraag of melding voorbereiden. De opdrachtgever dient de

⁴⁰ Dit overzicht van taken moet gezien worden als een leidraad zonder de ambitie om te dienen als juridisch sluitend overzicht.

⁴¹ Indien een aannemer optreedt als opdrachtgever voor een bemaling, kan ook de bouwheer die deze aannemer heeft aangesteld een bepaalde verantwoordelijkheid dragen. Voor meer informatie wordt aanbevolen een juridische instantie te bevragen.

⁴² Buiten de melding via eDOV die moet uitgevoerd worden door het VLAREL-erkende boorbedrijf.

vergunningsaanvraag of melding in.

De opdrachtgever stelt een VLAREL-erkende boorfirma aan die de bemaling zal uitvoeren. Deze boorfirma treedt op als uitvoerder. De uitvoerder voert een kwalitatieve controle uit van de uitgevoerde bemalingsstudie en het daaruit voortvloeiende bemalingsconcept en stelt een bemalingsplan op. Indien de bemaling vergunnings- of meldingsplichtig is, moet het bemalingsplan conform zijn aan de opgelegde bijzondere voorwaarden. Merk op dat een VLAREL-erkende boorfirma zowel kan aangesteld worden als ontwerper en als uitvoerder.

Tijdens de bemaling staat de opdrachtgever in voor het opvolgen van de vergunningsvoorwaarden. De opdrachtgever kan zich hierin laten ondersteunen door een andere partij, zoals de ontwerper of de uitvoerder.

5 Referentielijst

- [a] Van Calster P., De Cock F., De Vos M., Maertens J., Van Alboom G., 2009. *Richtlijnen Bemalingen*, Werkgroep Bemalingen, 74 pp.

6 Bijlagen

- 6.1 Begrippenlijst/lexicon
- 6.2 Checklist 1: gegevensverzameling
- 6.3 Richtlijnen grond(water)onderzoek
- 6.4 Checklist 2: milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden
- 6.5 Aandachtsgebieden voor bemalingen
- 6.6 Bemalingscascade
- 6.7 Stroomschema's wetgeving
- 6.8 Wettelijke randvoorwaarden
- 6.9 Bemalingstechnieken
- 6.10 Matrix aangewezen bemalingstechnieken
- 6.11 Vakliteratuur
- 6.12 Rekenmethoden voor impactbepaling
- 6.13 Zettingsberekeningen
- 6.14 Meetstaat bemaling
- 6.15 Invulfiche
- 6.16 Kwalitatieve elementen van monitoring
- 6.17 Monitoring zoutgehalte van grondwater
- 6.18 Waterremmende wanden
- 6.19 Nazorg bij achterlaten van fysieke elementen van de bemaling

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.1 – Begrippenlijst/lexicon

Begrippenlijst

Hieronder wordt een alfabetisch overzicht gegeven van terminologie die gebruikt wordt in literatuur en mogelijk ook voorkomt in de richtlijnen bemalingen. Onderaan dit document wordt ook een kort overzicht gegeven van vaak gebruikte afkortingen (paragraaf 1.2). Tevens wordt verwezen naar artikel 1.1.2. van VLAREM II waar een overzicht gegeven wordt van definities voor termen die gebruikt worden in de wetteksten¹.

1.1 Terminologie

.. *Index A*

- **Aandachtsgebieden voor bemalingen:**
Gebieden die gevoelig kunnen zijn aan grondwaterwijzigingen. Deze gebieden worden in detail toegelicht in [bijlage 6.5](#).
- **Achtergrondniveau grondwater:**
De concentratie van een stof of de waarde van een indicator in een grondwaterlichaam die overeenkomt met onbestaande of zeer geringe, antropogene alteraties van de ongerepte toestand. Te raadplegen via artikel 2 van bijlage 2.4.1. van VLAREM II².
- **Afpompingskegel:**
Kegelvormige droge zone die ontstaat door het wegpompen van grondwater uit een filter/bron. De gebogen wanden van de kegel worden verhanglijnen genoemd. Bij bemalingen die zich binnen elkaars invloedszone bevinden kunnen cumulatieve verhanglijnen ontstaan.
- **Afstandhouders:**
Componenten (meestal in plastic) die rondom een stijgbuis/filterbuis worden aangebracht zodoende de buis een centrale positie te geven in een boorgat. Cf. centreerbeugels.
- **Airliften:**
Airliften of luchtliften is het bewerkstelligen van het transport van een waterkolom naar de oppervlakte in een putbuis of een boorgat door middel van de injectie van perslucht onderaan de te verplaatsen waterkolom. Deze techniek kan worden toegepast bij het ontwikkelen (het verwijderen van fijne deeltjes uit het water) van dieptebronnen, peilbuizen en retourbronnen.
- **Algemene natuurtoets:**
Een algemene natuurtoets is een algemeen instrument en heeft in principe dezelfde inhoud als een passende beoordeling en een verscherpte natuurtoets, maar kijkt enkel na of er al dan niet vermijdbare schade optreedt ten gevolge van een geplande inrichting of activiteit zoals bv. een grondwaterhandeling.
- **Anisotropie:**
De waterdoorlatendheid die in de ondergrond in horizontale richting meestal veel groter is dan in verticale richting.
- **Annulaire ruimte:**
Ruimte tussen de stijgbuis/filterbuis en de wand van het boorgat. De annulaire ruimte wordt meestal opgevuld met grind/klei/zand.

¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8198&woLang=nl>

² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=10076&woLang=nl>

- **Aquifer:**
Eén of meer ondergrondse rotslagen of andere geologische lagen die voldoende poreus en doorlatend zijn voor een belangrijke grondwaterstroming of voor de onttrekking van aanzienlijke hoeveelheden grondwater³. Cf. watervoerende laag. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.
- **Aquitard:**
Een met water verzadigde grondlaag die weinig doorlatend is. Cf. waterremmende laag.
- **Artesisch niveau:**
Stijghoogte van gespannen grondwater dat reikt tot boven het maaiveld.

.. *Index B*

- **Banket:**
Een vlak niveau of terras in een bouwputwand.
- **Bemaling:**
Het tijdelijk of permanent verlagen van de natuurlijke grondwaterstand door het oppompen van grondwater. Cf. bronbemaling.
- **Bemaling met onderwaterpompen:**
Bemaling met pompen (meestal gemonteerd in dieptebronnen) die zich onder het grondwateroppervlak bevinden en het water naar het maaiveld persen.
- **Bemaling met zuigerpompen of plunjerpompen:**
Bemaling met pompen die zich aan het maaiveld bevinden en die het water aanzuigen via zuigleidingen. Een plunjerpomp is een soort zuigerpomp die specifiek een plunjer (in plaats van een zuiger) gebruikt om vloeistof te verplaatsen.
- **Bemalingsconcept:**
Een bemalingsconcept is een technische beschrijving van de manier waarop de grondwaterverlaging kan gerealiseerd worden. De keuze voor een bepaald concept hangt af van de dimensies van de geplande uitgraving in combinatie met de hydrogeologische opbouw van de werfzone en de van toepassing zijnde omgevingsfactoren en wettelijke bepalingen. Het bemalingsconcept vormt de kern van een bemalingsstudie.
- **Bemalingsdiepte:**
De diepte onder het maaiveld tot waar het grondwater verlaagd wordt. Deze diepte is wettelijk vastgelegd op 0,5 m onder het beoogde uitgravingspeil van de bouwput of -sleuf⁴. Hier moet bij het opstellen van de bemalingsstudie rekening mee gehouden worden ter inschatting van het te verpompen debiet en volume alsook ter bepaling van de noodzakelijke rubriek waarin de bemaling ressorteert.
- **Bemalingsplan:**
Een bemalingsplan is een operationeel uitvoeringsdocument dat wordt opgesteld door de VLAREL-erkende bemaler die de bemaling zal uitvoeren. Het is gebaseerd op de bemalingsstudie en houdt rekening met de van toepassing zijnde vergunningsvoorwaarden en monitoringsvoorschriften. Bij het opstellen van het bemalingsplan wordt de bemaler geacht een kwalitatieve controle uit te voeren van de bemalingsstudie en het daarin voorgestelde bemalingsconcept.
- **Bemalingsstudie:**
Een studie waarin een bemalingsconcept wordt uitgewerkt voor een specifiek project. Het concept wordt opgesteld op basis van de geplande uitgravingen en een relevante gegevensverzameling, en

³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=75697&woLang=nl>

⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8198&woLang=nl>

houdt rekening met omgevingsfactoren en wettelijke bepalingen. Door middel van een geschikte rekenmethode wordt de impact van de bemaling bepaald en worden de effecten op de omgeving in kaart gebracht.

- **Bemalingswater:**
Opgepompt grond- en bodemwater bij een bemaling.
- **Beste beschikbare technieken (BBT):**
Technieken en exploitatiemethoden die het meest doeltreffend zijn voor het bereiken van een hoog algemeen niveau van bescherming van het milieu in zijn geheel, onder technisch en economisch haalbare omstandigheden.
- **Bodemwater:**
Het water aanwezig in de onverzadigde zone tussen het aardoppervlak en de grondwatertafel.
- **Boorstaat:**
Log van een boring, met o.a. grondsoort, kleur, specifieke waarnemingen ...
- **Bouwheer:**
In het kader van deze richtlijnen wordt een bouwheer gedefinieerd als een natuurlijk persoon of rechtspersoon (of een groep van natuurlijke personen of rechtspersonen) die de opdracht geeft om bouwkundige werken uit te voeren.
- **Bouwputstraal:**
De bouwputstraal is de straal van een cirkel met een equivalente omtrek als die van de bouwput. Deze straal wordt voor een rechthoekige bouwput berekend als $r_0 = (L + B)/\pi$ met r_0 de bouwputstraal en L en B de respectievelijke lengte en breedte van de bouwput.
- **Bronbemaling:**
Het tijdelijk of permanent verlagen van de natuurlijke grondwaterstand door het oppompen van grondwater. Cf. bemaling.
- **Brutodebiet en brutovolume:**
Het effectief opgepompte debiet en volume, in tegenstelling tot het nettodebiet en nettovolume.

.. *Index C*

- **Centreerbeugels:**
Componenten (meestal in plastic) die rondom een stijgbuis/filterbuis worden aangebracht zodoende de buis een centrale positie te geven in een boorgat. Cf. afstandhouders.
- **Circulaire systemen:**
Systemen zoals KWO of het 100 % weer in de ondergrond brengen van bemalingswater, waarbij er netto geen grondwater wordt onttrokken.
- **Code van goede praktijk (CVGP):**
Geschreven en publiek toegankelijke regels met betrekking tot de bouw, het transport, het plaatsen, het uitbaten, het onderhouden en het eventueel ontmantelen van een inrichting of een onderdeel ervan, met inbegrip van de toepasselijke productnormen en de bij de betrokken beroeps categorieën algemeen aanvaarde regels van goed vakmanschap⁵.

⁵ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=7917&woLang=nl>

- **Cohesieve gronden**

Cohesieve gronden zijn fijnkorrelige, gemakkelijk vervormbare gronden, zoals silt en klei. Cohesieve gronden zijn sterk samenhangend door de aantrekkingskracht tussen de fijnkorrelige deeltjes. Niet-cohesieve gronden zijn gronden waarbij de korrels van elkaar gescheiden blijven. Deze gronden zijn weinig samenhangend en bestaan uit losse korrels zoals zand en grind.

- **Conusweerstand:**

De druk die grond uitoefent tegen de kegelvormige punt van een sondeerstang tijdens een sondering. Deze druk is klein voor minder gecompacteerd materialen (bv. klei, leem, veen) en groter voor beter gecompacteerd materiaal zoals zand en grind.

.. *Index D*

- **Datalogger:**

Instrument waarmee meetwaarden digitaal worden opgeslagen.

- **Debiet:**

Maat voor het volume water per tijdseenheid, meestal uitgedrukt in m³/u of m³/d.

- **Debietmeting:**

Meting van een volume water per tijdseenheid.

- **Dieptebron bemaling:**

Een set van filterbuis (met grindomstorting) en stijgbuis waarbinnen een onderwaterpomp wordt geplaatst om het water omhoog te persen. Een dieptebron bevat ook steeds een peilbuis in de annulaire ruimte of in de putbuis.

- **Doorlaatvermogen:**

De doorlatende eigenschappen van een watervoerende laag als geheel, uitgedrukt als het product van de doorlatendheid (m/d of m/s) en de dikte H van een bepaalde laag. De eenheid van doorlaatvermogen is m²/d of m²/s. Het doorlaatvermogen wordt bepaald aan de hand van een pompproef. Cf. transmissiviteit.

- **Doorlatendheid:**

Capaciteit van grond om water door te laten. Wordt aangeduid met de doorlatendheidscoëfficiënt k waarbij k_h en k_v respectievelijk de horizontale en verticale doorlatendheden zijn. Eenheid m/s of m/d. Cf. hydraulische conductiviteit.

- **DOV:**

Databank Ondergrond Vlaanderen, een portaal met toegang tot alle publieke informatie over de ondergrond in Vlaanderen⁶.

- **Drain:**

Een buigzame geperforeerde buis, omwikkeld met een synthetische filter, die bij horizontale bemalingen wordt aangebracht in sleuven. De drainbuis wordt dan via een blinde buis verbonden met een bovengrondse pomp.

- **Drainering:**

Het gravitair capteren en afvoeren van grond- of bodemwater via een ondergrondse constructie.

- **Drainering (historische)**

Een drainering die is aangelegd voor 1 mei 1999. Bij volledige vernieuwing van de ondergrondse constructie wordt die niet langer als historische drainering beschouwd. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.

⁶ <https://www.dov.vlaanderen.be/>

- **Drainering (bestaande)**

Een drainering die uiterlijk op 7 oktober 2022 zowel aangelegd is als waarvan akte genomen is. Bij volledige vernieuwing van de ondergrondse constructie wordt die niet langer als bestaande drainering beschouwd. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.

- **Drainering (nieuwe)**

Een drainering die na 7 oktober 2022 aangelegd is. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.

- **DWA:**

De droogweerafvoer verzamelt en transporteert afvalwater naar rioolwaterzuiveringsinstallaties of behandelingsinstallaties.

.. *Index E*

- **Effectieve porositeit:**

Percentage van het totale bodemvolume dat bestaat uit poriën die water kunnen opnemen en afgeven. Deze waarde is hoog voor zand en laag voor klei, terwijl de totale porositeit van klei veel hoger is dan die van zand. Eenheid m^3/m^3 . Cf. vrije berging.

- **Exploitant:**

De natuurlijke persoon of rechtspersoon die een ingedeelde inrichting exploiteert of voor de rekening van wie ze wordt geëxploiteerd⁷. In het omgevingsloket is de exploitant diegene die de IIOA aanvraagt.

- **Exploiteren:**

Het installeren, in werking stellen, gebruiken of in stand houden van ingedeelde inrichtingen of het aanvangen en uitvoeren van ingedeelde activiteiten⁸.

- **Elastische berging:**

De elastische berging van een verzadigde grondlaag is het volume water dat vrijkomt uit de berging van een eenheid volume grond onder invloed van een eenheid drukverlaging van het hydraulisch peil. De dimensie is m^{-1} (volume water $[\text{m}^3]$ / (volume grond $[\text{m}^3]$ * drukverlaging $[\text{m}]$). Het vrijgeven van water vanuit een volume grond wordt veroorzaakt door de samendrukking van de grond door toename van de effectieve spanning en het uitzetten van water ten gevolge van een afname van de waterdruk.

.. *Index F*

- **Falling head test:**

Een techniek om de verzadigde horizontale doorlaatfactor van de ondergrond te bepalen door water in een boorgat te injecteren (of een gekend vast volume in het boorgat te laten vallen) en vervolgens de daling van het grondwater per tijdseenheid te meten. Cf. slug test.

- **Filters:**

Haalbuis, over een bepaalde lengte omgeven door een geperforeerde filterbuis en geotextiel. De individuele filters worden verbonden met zuigleidingen om vervolgens water mee op te pompen. Cf. ont-trekkingsfilter.

- **Filterbemaling:**

Bemaling waarbij het water door middel van verticale filters, zuigleiding en een zuigerpomp wordt opgepompt. Zie [bijlage 6.9](#) voor meer technische achtergrond.

- **Footprint:**

Onder footprint wordt in deze richtlijn verstaan: de volledige terreinoppervlakte waarbinnen uitgravingen plaatsvinden.

⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65093&woLang=nl>

⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65093&woLang=nl>

- **Freatisch grondwater:**
Grondwater dat rechtstreeks in verbinding staat met de atmosferische luchtdruk en zich vrij kan bewegen in een watervoerende laag.

.. *Index G*

- **Geopunt:**
Centrale toegangspoort tot geografische overheidsinformatie⁹.
- **Geotextielen:**
Doorlaatbare textielen die bv. bij grondwerken gebruikt worden.
- **Gespannen watervoerende laag:**
Watervoerende laag die aan de bovenzijde is afgedekt door een slecht doorlatende laag (cohesieve gronden) en waarin de grondwaterstand hoger is dan de basis van de bovenliggende slecht doorlatende laag. In dit geval bestaat er geen directe relatie tussen de waterspanning in deze watervoerende gespannen laag en de freatische watertafel.
- **Geroerd grondmonster:**
Grondmonster waarbij de structuur en de pakkingsdichtheid van de grond zijn verstoord.
- **Gestoken monster:**
Grondmonster waarbij de structuur, watergehalte en de pakkingsdichtheid van de grond zo weinig mogelijk zijn verstoord. Cf. ongeroerd monster.
- **Getrapte bemaling:**
Een filterbemaling in verschillende niveaus (trappen) om in diepe bouwputten > 4 m-mv de grondwaterstand in meerdere trappen te doen dalen. Cf. meertrapsbemaling.
- **Gevaarlijke stoffen (GS):**
Toxische, persistente en bioaccumuleerbare stoffen of groepen van stoffen en andere stoffen of groepen van stoffen die aanleiding geven tot evenveel bezorgdheid (zie artikel 1.1.2. van VLAREM II). Deze stoffen zijn opgenomen in bijlagen 2B (lijst van gevaarlijke stoffen voor lozing in grondwater) en 2C (lijst van gevaarlijke stoffen voor lozing in aquatisch milieu) van VLAREM II¹⁰.
- **Gewestplan:**
Het gewestplan is een verouderd planningsinstrument dat informatie geeft omtrent de bestemming van percelen (bv. bouwgrond *versus* landbouwgrond)¹¹. De meest recente gewestplannen dateren onder tusschen al van 2000. Na 2000 zijn de bestemmingen van het gewestplan op vele plekken gewijzigd door de opmaak van 'ruimtelijke uitvoeringsplannen' (RUP's) of 'bijzondere plannen van aanleg' (BPA's). Het oude gewestplan kan geconsulteerd worden via Geopunt, nieuwe RUP's of BPA's kunnen geconsulteerd worden via het geoportaal ruimtelijke plannen en verordeningen¹² of kunnen geconsulteerd worden bij de gemeente/stad (bv. via de website).
- **Grondwater:**
Al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt en dat in direct contact met bodem en ondergrond staat. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.

⁹ <https://www.geopunt.be/>

¹⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=69702&woLang=nl>

¹¹ <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/ruimtelijk-beleid-en-planning/bestemmingsplannen-grups-gewestplan/gewestplan>

¹² <https://geoplannen.omgeving.vlaanderen.be/?category=2&t=21&m=1>

- **Grondwateradviseur:**
Persoon/instantie met een goede kennis van grondwater, grondwateringrepen-effecten en een basis-kennis van rekentechnieken. Bv. bemaler, studie bureau milieu, erkende bodemsaneringsdeskundige.
- **Grondwaterexpert:**
Persoon/instantie met diepgaande kennis van grondwatersystemen en modellering. Bv. MER-deskundige grondwater of erkend grondwatermodelleur door OVAM.
- **Grondwaterkwaliteitsnorm:**
Een milieukwaliteitsnorm, uitgedrukt als de concentratie van een bepaalde verontreinigende stof, groep van verontreinigende stoffen of indicator van verontreiniging in grondwater, die ter bescherming van de menselijke gezondheid en het milieu niet mag worden overschreden¹³. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.
- **Grondwaterlichaam:**
Een onderscheiden grondwatermassa in één of meer watervoerende lagen of in een deel ervan¹⁴.
- **Grondwaterpeil:**
De hoogte van het grondwater ten opzichte van een referentieniveau (maaiveld, mTAW ...). Cf. grondwaterstand.
- **Grondwaterstand:**
De hoogte van het grondwater ten opzichte van een referentieniveau (maaiveld, mTAW ...). Cf. grondwaterpeil.
- **Grondwaterstandherstel:**
Opvulling van de afpompingskegel na het beëindigen van een bemaling of andere grondwaterverlaging. Deze opvulling kan tot stand komen door natuurlijke voeding (infiltratie vanuit neerslag), laterale toestroming of door het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater.
- **Grondwaterkwaliteitsnorm:**
Een milieukwaliteitsnorm, uitgedrukt als de concentratie van een bepaalde verontreinigende stof, groep van verontreinigende stoffen of indicator van verontreiniging in grondwater, die ter bescherming van de menselijke gezondheid en het milieu niet mag worden overschreden.
- **Grondwaterverlaging:**
Verlagen van het niveau van het grondwater.
- **Grondwatertafel:**
Niveau van het grondwater in het freatisch vlak.
- **Grouten:**
Het opvullen van boorgaten, drains, etc. met een verpompbare slurry die na uitharding krimpvrij en waterdicht is. Ze kan bestaan uit cement, zuiver water van neutrale pH en fijn bentonietpoeder.

.. *Index H*

- **Haalbuis:**
De buis die in filters wordt aangebracht en via dewelke water naar boven wordt gezogen.
- **Hangwater:**
Bodemwater dat blijft hangen op minder doorlatende grondlagen en de grondwatertafel nog niet bereikt heeft.

¹³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=10076&woLang=nl>

¹⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=75697&woLang=nl>

- **Hemelwater:**
Verzamelnaam voor regen, sneeuw en hagel, met inbegrip van dooiwater. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.
- **Historische drainering**
Een drainering die is aangelegd voor 1 mei 1999. Bij volledige vernieuwing van de ondergrondse constructie wordt die niet langer als historische drainering beschouwd. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.
- **Horizontale bemaling:**
Bemaling die wordt uitgevoerd door middel van een in de bodem aangebrachte drain, waarop een pomp wordt aangesloten, rechtstreeks via een zuigerpomp of via een collectorleiding, een pompput en een dompelpomp.
- **Horizontale verplaatsingen:**
Net zoals verticale zettingen kunnen ook horizontale verplaatsingen optreden, meestal rondom en relatief dicht bij de bouwput.
- **Hydraulisch gesloten bouwput:**
Een bouwput die omringd wordt door waterremmende wanden die reiken tot in een ondoorlatende laag.
- **Hydraulische conductiviteit:**
Capaciteit van grond om water door te laten. Wordt aangeduid met de doorlatendheidscoëfficiënt k waarbij k_h en k_v respectievelijk de horizontale en verticale doorlatendheden zijn. Eenheid m/s of m/d. Cf. doorlatendheid.
- **Hydraulische weerstand (C):**
Een maat voor de weerstand van een aquitard of een waterremmende wand tegen doorstroming. $C = d/k$ met d (dikte (m) van de aquitard of waterremmende wand) en k (doorlatendheid (m/s) van de aquitard of waterremmende wand).
- **Hydrologisch:**
Alles wat betrekking heeft op het gedrag en de eigenschappen van water in, op en onder het aardoppervlak.

.. *Index I*

- **Indelingscriterium:**
Concentratie voor een gevaarlijke stof waarbij bemalingswater voor lozing moet beschouwd worden als afvalwater met gevaarlijke stoffen¹⁵.
- **Indelingslijst:**
De lijst, vastgesteld door de Vlaamse Regering, bestaande uit rubrieken die een omschrijving omvatten van de inrichtingen en activiteiten die ernstige risico's of hinder voor de mens en het milieu kunnen inhouden¹⁶.
- **Infiltratie:**
Het insijpelen van water in de bodem en de ondergrond.
- **Infiltratievoorziening:**
Een voorziening voor de opvang van water die geleidigd wordt door de insijpeling van het opgevangen water in de bodem en de ondergrond, waarbij het water in de infiltratievoorziening niet in permanente verbinding staat met oppervlaktewater. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.

¹⁵ <https://navigators.emis.vito.be/detail?wold=10071&woLang=nl>

¹⁶ <https://navigators.emis.vito.be/detail?wold=69985&woLang=nl>

- **Ingedeelde inrichting of activiteit (IIOA):**
Eén inrichting of activiteit en de aanhorigheden ervan op een bepaalde locatie of, in voorkomend geval, meerdere inrichtingen of activiteiten en de aanhorigheden ervan op een bepaalde locatie die voor hun exploitatie als een samenhangend technisch geheel moeten worden beschouwd. Het feit dat verschillende inrichtingen en activiteiten een verschillend eigendomsstatuut hebben belet niet dat ze door hun onderlinge technische samenhang als één ingedeelde inrichting of activiteit kunnen worden beschouwd. Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.
- **Initieel debiet:**
Het bemalingsdebiet bij het opstarten van een bemaling. Cf. opstartdebiet.
- **Invloedsstraal van een bemaling:**
De afstand tot een bemaling waarbinnen een meetbare verlaging van de grondwaterstand optreedt die gecorreleerd kan worden aan de bemaling. Voor deze meetbare grondwaterverlaging wordt 0,05 m aangenomen.
- **Invloedszone**
Het gebied rondom een bemaling, met inbegrip van het weer in de ondergrond brengen van het bemalingswater, waarbinnen een meetbare verlaging van de grondwaterstand optreedt die gecorreleerd kan worden aan de bemaling. Voor deze meetbare grondwaterverlaging wordt 0,05 m aangenomen.

.. *Index J-K-L*

- **Jutten:**
Techniek waarbij door middel van perslucht filters van bronnen kunnen worden schoongemaakt, door de waterkolom in de stijgbuis alternerend naar beneden en naar boven te brengen.
- **Kwel:**
Grondwater dat onder druk aan de oppervlakte uit de bodem komt.
- **Kunstmatige afvoerweg voor hemelwater:**
De greppels, grachten, duikers en leidingen bestemd voor het afvoeren van hemelwater, bodemwater, grondwater, bemalingswater en desgevallend ook afvalwater, behandeld conform de van toepassing zijnde wetgeving.
- **Kunstwerk:**
Een civiel kunstwerk is een door mensenhanden gemaakt bouwwerk dat meestal niet voor bewoning bestemd is. Voorbeelden zijn aquaducten, bruggen, geluidsschermen, tunnels, viaducten, sluizen, gemalen ...
- **Lijnbemaling:**
Bemaling om sleuven droog te leggen voor de aanleg van bv. rioleringen of transportleidingen. Wordt meestal uitgevoerd door filters of bronnen te plaatsen langs 1 of 2 zijden van de sleuf. Ook horizontale drains kunnen worden toegepast. Cf. sleufbemaling.
- **Logboek:**
Een fysiek of digitaal document waarin de nodige gegevens bijgehouden worden die noodzakelijk en gewenst geacht worden in kader van de monitoring. Bv. peilmetingen, debietmeterstanden, analysecertificaten van het bemalingswater ... Het logboek moet steeds fysiek aanwezig zijn op de werf, of digitaal raadpleegbaar zijn, zodat de toezichthouder bij werfcontrole de monitoringsdata kan raadplegen. Niet te verwarren met een logboek in een technisch dossier van een debietmeter, waarin alle afwijkingen of wijzigingen aan die specifieke debietmeter worden geregistreerd.

.. *Index M-N*

- **Maaiveldpeil:**
Hoogte van het maaiveld uitgedrukt in het referentiestelsel TAW (Tweede Algemene Waterpassing).

- **Meertrapsbemaling:**
Een filterbemaling in verschillende niveaus (trappen) om in diepe bouwputten > 4 m-mv de grondwaterstand in meerdere trappen te doen dalen. Cf. getrapte bemaling.
- **Melding:**
Een melding is een administratieve kennisgeving aan de overheid dat men een bepaalde inrichting of activiteit van klasse 3 wil exploiteren. Een melding moet digitaal ingediend worden via het online Omgevingsloket. Na het bekomen van de aktenaam (op datum van publicatie: maximaal 20 dagen na indiening) mag de meldingsplichtige activiteit opgestart worden mits via een gele affiche bekend gemaakt wordt dat er akte genomen is van de melding.
- **MFI-test:**
De membraanfilterindex-test geeft een indicatie van de lading aan vaste deeltjes in suspensie en laat op die manier toe om het intrinsieke verstoppingsvermogen van grondwater te bepalen.
- **Milieueffectrapport (MER):**
Een openbaar document waarin voor een project, plan of programma de te verwachten gevolgen voor mens en milieu in hun onderlinge samenhang op een systematische en wetenschappelijk verantwoorde wijze worden geanalyseerd en geëvalueerd. In het document wordt aangegeven op welke wijze de aanzienlijke milieueffecten vermeden, beperkt, verholpen of gecompenseerd kunnen worden.
- **Milieueffectrapportage (m.e.r.):**
Een juridisch-administratieve procedure waarbij, voordat een activiteit of ingreep (projecten, plannen en programma's) plaatsvindt, de milieugevolgen ervan op een systematische en wetenschappelijk verantwoorde wijze worden bestudeerd, besproken en geëvalueerd.
- **Monitoringsplan:**
In een monitoringsplan worden algemene monitoringsvoorschriften opgenomen die wettelijk verplicht zijn alsook specifieke monitoringsvoorschriften eigen aan het voorgestelde bemalingsconcept. Ook bijkomende monitoringseisen die opgelegd worden via de bijzondere voorwaarden in de vergunning/aktenaam worden opgenomen. Het monitoringsplan kan deel uitmaken van de bemalingsstudie, maar kan in principe slechts gefinaliseerd worden indien de vergunning/aktenaam bekomen is, zodat ook rekening kan gehouden worden met de bijzondere voorwaarden.
- **Negatieve kleef:**
Wrijvingskrachten langs funderingspalen bij zetting van de grond rond de palen, waardoor de funderingspalen in kwestie extra belast worden.
- **Nettodebiet of nettovolume:**
Het volume opgepompt grond- of bemalingswater (al dan niet uitgedrukt per tijdseenheid), verminderd met het volume grond- of bemalingswater dat in dezelfde watervoerende laag wordt teruggebracht als waaruit het is opgepompt.

.. *Index O*

- **Omgevingsvergunning:**
Vergunning die sinds 23 februari 2017 de stedenbouwkundige vergunning en milieuvergunning vervangt. Aanvragen gebeuren digitaal via het Omgevingsloket¹⁷, waarna een openbaar onderzoek (indien van toepassing) en een adviesronde worden georganiseerd.
- **Onderloopsheid en achterloopsheid:**
Stroming onder een constructie (bv. waterremmende wand) of achter een constructie naar de bouwput toe als gevolg van een waterstandsverschil.

¹⁷ <https://www.vlaanderen.be/omgevingsvergunning>

- **Onderwaterpomp:**
Pompen die in een putbuis volledig onder water worden gemonteerd en voornamelijk gebruikt worden om bronnen te bemalen. Deze zijn meer geschikt indien grote verlagingen (>4-5m) moeten bereikt worden of grote debieten moeten worden opgepompt. Deze pompen persen het grondwater naar boven (i.p.v. zuigen bij andere bemalingen).
- **Ongeroerd grondmonster:**
Grondmonster waarbij de structuur, watergehalte en de pakkingsdichtheid van de grond zo weinig mogelijk zijn verstoord. Cf. gestoken monster.
- **Onttrekkingsfilter:**
Haalbuis, over een bepaalde lengte omgeven door een geperforeerde filterbuis en geotextiel. De individuele filters worden verbonden met zuigleidingen om vervolgens water mee op te pompen. Cf. filter.
- **Ontvangend waterlichaam:**
Oppervlaktewater, grondwater en overgangswater als vermeld in artikel 1.1.3, §2, 3°, 4° en 11°, van het decreet van 18 juli 2003 betreffende het integraal waterbeleid, gecoördineerd op 15 juni 2018¹⁸.
- **Onvolkomen filter/bron:**
Filter of bron waarvan de filtersectie korter is dan de verzadigde dikte van de watervoerende laag waarin ze is aangelegd.
- **Opbarsten:**
Fenomeen waarbij de bodem van een cohesieve grond scheurt en omhoog komt door een te hoge waterdruk in het watervoerend pakket onder het grondpakket cohesieve grond.
- **Open bemaling of oppervlaktebemaling:**
Afvoer van vrij uit taluds en putbodem toestromend grondwater en hemelwater door greppels of putten te graven in een bouwput tot een plaatselijk verdiept gedeelte, de pompput, waaruit het water kan worden weggepompt.
- **Oppervlakte-infiltratie:**
Weer in de ondergrond brengen van (bemalings)water in doorlatende oppervlaktelagen door middel van infiltratievoorzieningen.
- **Oppervlaktewaterlichaam:**
Een onderscheiden oppervlaktewater, zoals een meer, een wachtbekken, een spaarbekken, een stroom, een rivier, een kanaal, een overgangswater, of een deel van een stroom, rivier, kanaal of overgangswater¹⁹.
- **Opstartdebiet:**
Het bemalingsdebiet bij het opstarten van een bemaling. Cf. initieel debiet.

.. *Index P*

- **Partiële wanden:**
Waterremmende wanden die niet tot in een sterk waterremmende laag reiken.
- **Passende beoordeling:**
Een passende beoordeling is een schriftelijk verslag dat gemotiveerde argumenten aanlevert waarom de instandhoudingsdoelstellingen van een speciale beschermingszone al dan niet kunnen worden aan-

¹⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8198&woLang=nl>

¹⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=75697&woLang=nl>

getast door de geplande inrichting of activiteit, bv een grondwaterhandeling. Indien de geplande inrichting of activiteit een betekenisvolle aantasting kan impliceren, kan er geen vergunning verleend worden.

- **Peilbuis:**
Een buis met een geperforeerd filterelement (meestal PVC) die in een peilput geplaatst wordt. Het filterelement wordt op een specifiek niveau geplaatst zodoende nauwkeurige informatie omtrent de grondwaterstand en stijghoogte te verkrijgen, alsook het nemen van stalen toe te laten. In het boorgat van een dieptebron/pompput of in de annulaire ruimte wordt eveneens een peilbuis geplaatst met het doel de afpompings in de bron/put te kunnen opmeten.
- **Peilmeting:**
Het meten van de grondwaterstand of stijghoogte in een peilbuis, meestal met behulp van een peillint.
- **Peilput:**
Een put die wordt geboord met als specifiek doel de grondwaterstand te kunnen monitoren of het kunnen nemen van stalen. De peilput kan afgewerkt worden met één of meerdere peilbuizen. Bij meerdere peilbuizen spreekt men over *multilevel* peilputten.
- **Plunjerpomp of zuigerpomp:**
Een pomp die gebruikt wordt om vloeistoffen met plunjers of zuigers van een lage naar een hoge druk te brengen. Wordt gebruikt bij bemaling met verticale filters en horizontale drains.
- **Pompproef:**
Tijdelijke onttrekking uit één of meer putten, al dan niet gecombineerd met terugbrenging in de ondergrond, waarbij metingen van debiet, peil, kwaliteit of zettingen worden uitgevoerd om de geohydrologische karakteristieken van de ondergrond te bepalen.
- **Poriëngehalte:**
Quotiënt van het poriënvolume en het totale volume, vermenigvuldigd met 100. Deze waarde komt overeen met de totale porositeit.
- **Potentiaalverlaging s:**
Verschil tussen de oorspronkelijke grondwaterstand en de verlaagde grondwaterstand.
- **Potentieel verontreinigd bemalingswater:**
Bemalingswater dat is opgepompt op een locatie waar verontreinigde stoffen potentieel in het grondwater aanwezig zijn. Daaronder wordt verstaan: bemalingswater dat afkomstig is van één of meer filters of onttrekkingspunten die hetzij volledig of gedeeltelijk liggen op, hetzij op een afstand van minder dan 20 meter liggen van een perceel dat aan minstens één van volgende voorwaarden voldoet:
 - o Het perceel behoort tot een risicoground als vermeld in het Bodemdecreet van 27 oktober 2006, tenzij er voor de betreffende risicoactiviteit een decretaal bodemonderzoek conform het VLAREBO-besluit van 14 december 2007 is uitgevoerd;
 - o Voor het perceel is een decretaal bodemonderzoek conform het VLAREBO-besluit van 14 december 2007 uitgevoerd;
 - o Op het perceel heeft zich een schadegeval voorgedaan als vermeld in het Bodemdecreet van 27 oktober 2006;
 - o Op minstens een deel van het perceel zijn door de overheid voorwaarden of beperkende maatregelen voor het gebruik van grondwater afgekondigd vanwege de vermoedelijke of aangetoonde aanwezigheid van verontreinigde stoffen.

Zie artikel 1.1.2. van VLAREM II.

- **Prioritair gevaarlijke stoffen (PGS):**

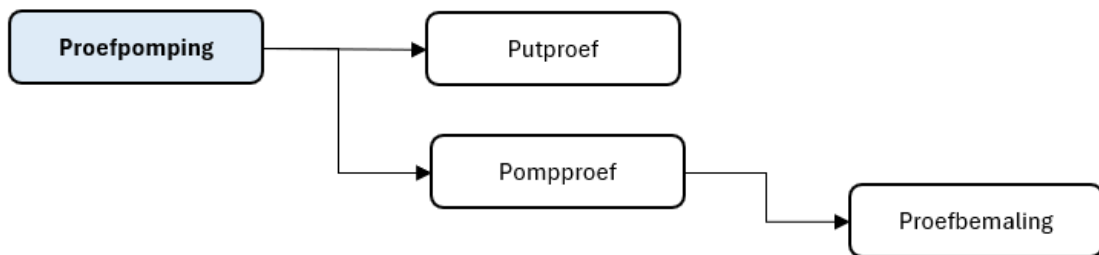
Gevaarlijke stoffen die aangewezen zijn als prioritair gevaarlijk. Deze staan aangeduid in lijst III van bijlage 2C van VLAREM II²⁰.

- **Proefbemaling:**

Pompproef die specifiek voor een bemaling is.

- **Proefpompings:**

Verzamelterm voor een putproef of pompproef. De terminologie rond proefpompingen wordt samengevat in onderstaand schema.



- **Pseudo (of semi)-stationaire toestand van de bemaling:**

Bemalingstoestand waarbij er een evenwicht ontstaan is tussen aangevoerd en afgevoerd water en de afpompingskegel dus stabiel blijft. Dit is geen stationaire toestand omdat er nog steeds invloed kan zijn van neerslagen andere niet gekende factoren.

- **Putproef:**

Tijdelijke onttrekking uit een individuele grondwaterwinning om de maximale capaciteit van een winningsput en het specifieke debiet te bepalen.

.. Index Q-R

- **Regeneratie:**

Het schoonmaken van putten, zowel mechanisch (bv. schoonpompen of schoonspuiten) als chemisch (door gebruik van bv. chloor, waterstofperoxide of een sterk zuur).

- **Representatieve peilbuis:**

Een peilbuis is conform VLAREM II artikel 5.53.6.1.6.²¹ representatief als ze binnen een afstand van 20 meter van de bemalingsinstallatie ligt en als ze een filterstelling heeft die op vergelijkbare diepte grondwater onttrekt als de bemalingsinstallatie.

Om een staalname en -analyse uit te voeren van het grondwater uit een peilbuis conform het WAC/I/A/007 (versie 2026)²² moet bovendien de peilbuis aan volgende bepalingen voldoen:

- *De peilbuis moet een filterstelling hebben op vergelijkbare diepte als waar het bemalingswater zal onttrokken worden;*
- *De peilbuis mag maximum 20 m van de geplande bemalingsinstallatie gelegen zijn;*
- *De eigenschappen van de peilbuis, zoals de aanzetdiepte, de lengte van het filterelement en de putdiameter moeten gekend zijn;*

²⁰ <https://navigators.emis.vito.be/detail?wold=69702&woLang=nl>

²¹ <https://navigators.emis.vito.be/detail?wold=91695&woLang=nl>

²² <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water/compendium-wac>

- *De toestroming moet voldoende zijn (minimaal 5x het putvolume moet binnen het uur ververs kunnen worden), en bovendien moet de binnendiameter van de peilbuis het mogelijk maken om een pompsysteem van 50 mm diameter te kunnen toepassen²³.*
- **Retardatiefactor:**
Factor die weergeeft hoeveel langzamer een bepaalde stof door de ondergrond migreert in vergelijking met het grondwater waarin de stof is opgelost.
- **Retourbemaling:**
Het weer in de ondergrond brengen van het via onttrekkingselementen opgepompte bemalingswater op een bepaalde afstand van de bemalingszone via injectie in retourelementen.
- **Retourbron:**
Een bron die gebruikt wordt om bemalingswater via een retourbemaling weer in de ondergrond te brengen.
- **Retourproef:**
Een proef waarbij de opstelling voor een retourbemaling wordt getest alvorens deze in gebruik genomen wordt.
- **Risico:**
Kans x schade.
- **RWA:**
Regenwaterafvoer, voert hemelwater af naar grachten en waterlopen. Het betreft hier regenwater dat niet in aanraking geweest is met verontreinigende stoffen.

.. *Index S*

- **Sichardt (formule van):**
Formule voor de berekening van de initiële invloedsstraal in de opstartfase van een bemaling. De formule is enkel geschikt voor zeer kortstondige bemalingen in freatische omstandigheden (termijn max. 5 dagen).
- **Sleufbemaling:**
Bemaling om sleuven droog te leggen voor de aanleg van bv. rioleringen of transportleidingen. Wordt meestal uitgevoerd door filters of bronnen te plaatsen langs 1 of 2 zijden van de sleuf. Ook horizontale drains kunnen worden toegepast. Cf. lijnbemaling.
- **Slug test:**
Een techniek om de verzadigde horizontale doorlaatfactor van de ondergrond te bepalen door water in een boorgat te injecteren (of een gekend vast volume in het boorgat te laten vallen) en vervolgens de daling van het grondwater per tijdseenheid te meten. Cf. falling head test.
- **Sondering:**
Een geotechnische veldproef waarbij een conusvormige punt met een constante snelheid de grond wordt ingedrukt. De weerstand die hierbij gemeten wordt, kan gebruikt worden om de samendrukbaarheid van de grond in te schatten. Bij elektrische sonderingen wordt ook de wrijving opgemeten, welke meer informatie geeft om de samenstelling van de gesondeerde grondlagen af te leiden. De Engelse benaming is *cone penetration test* (CPT).

²³ Een monstername en analyse van grondwater uit peilbuizen met een diameter van 32 mm wordt niet als 'representatief' beschouwd. De analyseresultaten kunnen echter wel gebruikt worden om een inschatting te krijgen van de te verwachten kwaliteit van het bemalingswater. Gezien de hogere installatiekosten van peilbuizen met grote diameter, de grotere boortorens en de vaak beperkte ruimte op sites, zullen in het voortraject vaak enkel peilbuizen met diameter 32 mm uitvoerbaar zijn.

- **Spanningsbemaling:**
Bemaling waarbij de potentiaal/stijghoogte van gespannen grondwater wordt verlaagd zodanig dat er geen opbarsten optreedt bij het uitvoeren van een uitgraving.
- **Spoelboring:**
Het maken van een boorgat met spoelwater dat via de boorbuizen in het boorgat wordt geïnjecteerd, waarmee de *boorcuttings* langsheen de annulaire ruimte worden geëvacueerd en de nodige hydrostatische overdruk wordt gecreëerd om het boorgat stabiel te houden.
- **Steilrand:**
Een term uit de geomorfologie voor een abrupt hoogteverschil.
- **Stijgbuis:**
Het blind/ondoorlatend gedeelte van een dieptebron/peilfilter die het filterelement verbindt met het oppervlak.
- **Stijghoogte:**
Waterniveau in een peilbuis.
- **Stoorlaag:**
Een verticaal slecht/minder doorlatende laag (cohesieve gronden zoals klei, leem, veen) binnen een aquifer.

.. *Index T*

- **Technisch dossier:**
Een dossier waarin de historie van een debietmeter (o.a. kalibratie-, installatie-, verificatie- en/of onderhoudsrapporten en controles) systematisch worden bijgehouden²⁴. De vorm waaronder deze documentatie en registraties worden uitgevoerd, ligt niet vast maar de vereiste gegevens moeten op eenvoudige wijze kunnen voorgelegd worden.
- **Terzaghi (formule van):**
Formule voor de berekening van zettingen.
- **Toetsingswaarde:**
Referentiewaarde waaraan de resultaten van een onderzoek moeten afgetoetst worden, bv. indelingscriterium of grondwaterkwaliteitsnorm.
- **Toezichthouder:**
De persoon die krachtens titel XVI van het decreet van 5 april 1995 houdende algemene bepalingen inzake milieubeleid als toezichthouder is aangesteld²⁵.
- **Transmissiviteit:**
De doorlatende eigenschappen van een watervoerende laag als geheel, uitgedrukt als het product van de doorlatendheid (m/d of m/s) en de dikte H van een bepaalde laag. De eenheid van transmissiviteit is m²/d of m²/s. De transmissiviteit wordt bepaald aan de hand van een pompproef. Cf. doorlaatvermogen.
- **Uitvoerder (van een bemaling):**
De VLAREL-erkende boorfirma die de bemaling uitvoert in opdracht van de opdrachtgever.

.. *Index V*

- **Verhang:**
Het relatieve hoogteverschil tussen de grondwaterstand in een filter/bouwput en de algemene grondwaterstand rondom de filter/bouwput.

²⁴ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/code-van-goede-praktijk>

²⁵ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=22380&woLang=nl>

- **Verhanglijn:**
Gebogen grondwatercurve, bv. bij een afpompingskegel, waarbij de kromming sterk afhankelijk is van de doorlatendheid van de grond en de intensiteit waarmee gepompt wordt.
- **Verlaging/grondwaterverlaging:**
De daling van de grondwaterstand ten opzichte van de grondwaterstand opgemeten op een eerder tijdstip (bv. ten opzichte van de grondwaterstand in rust). Beide metingen moeten uitgevoerd worden ten opzichte van hetzelfde referentiepunt (bv. maaiveld, bovenkant peilbuis ...).
- **Verontreiniging:**
De directe of indirecte inbreng door menselijke activiteiten van stoffen, trillingen, warmte of geluid in lucht, water of bodem, die de gezondheid van de mens of de milieukwaliteit kan aantasten, schade kan toebrengen aan materiële goederen, of de belevingswaarde van het milieu of een ander rechtmatig milieugebruik kan aantasten of in de weg kan staan.
- **Verontreinigende stoffen:**
Iedere, overeenkomstig de Vlaamse milieuwetgeving, door de Vlaamse regering aangewezen stof die tot verontreiniging kan leiden.
- **Verscherpte natuurtoets:**
In een verscherpte natuurtoets wordt onderzocht of een inrichting of activiteit, zoals een bemaling, een onvermijdbare én onherstelbare schade kan aanrichten aan de natuur in een VEN gebied. Er geldt hierbij geen schadedrempel: elke schade die onvermijdbaar én onherstelbaar is, moet in principe leiden tot een weigering.
- **Versnelling van een grondwaterverontreiniging:**
Versnelling is de verspreiding van een grondwaterverontreiniging door toedoen van een grondwater-onttrekking, relatief ten opzichte van de natuurlijke verspreiding van de grondwaterverontreiniging.
- **Verticale bemaling:**
Bemaling door middel van verticale filters/bronnen.
- **Verzilting:**
Toename van het zoutgehalte in een bodem of in grondwater.
- **VLAREL-erkend labo:**
Om een staalname en -analyse te mogen uitvoeren in het kader van VLAREM II moet een laboratorium hiertoe worden erkend. De lijst met erkende laboratoria en hun parameterpakketten zijn terug te vinden op de website van de Vlaamse overheid²⁶.
- **VLAREL-erkend boorbedrijf:**
Sinds 1 januari 2015 mogen enkel daartoe erkende boorbedrijven in Vlaanderen boringen uitvoeren voor grondwaterwinning of deze buiten gebruikt nemen. Ook bemalingen vallen hieronder (discipline 1). De lijst van VLAREL-erkende boorbedrijven kan geraadpleegd worden via de website van VMM²⁷.
- **Volkomen bron:**
Bron waarvan het filterelement zich bevindt over de ganse verzadigde hoogte van de watervoerende laag waarin ze is aangelegd.
- **Vrije berging**

²⁶ <https://www.vlaanderen.be/erkenning-als-laboratorium-voor-water-of-lucht>

²⁷ <https://vmm.vlaanderen.be/diensten-producten/lijst-erkende-boorbedrijven>

Percentage van het totale bodemvolume dat bestaat uit poriën die water kunnen opnemen en afgeven. Deze waarde is hoog voor zand en laag voor klei, terwijl de totale porositeit van klei veel hoger is dan die van zand. Eenheid m^3/m^3 . Cf. effectieve porositeit.

.. *Index W*

- **Waterbezwaar:**
Het totale volume aan water dat dient opgepompt te worden bij een bemaling, over de ganse bemalingsperiode.
- **Waterinfo:**
Waterinfo.be is de portaalsite van de Vlaamse waterbeheerders en kennisinstituten, www.waterinfo.be.
- **Waterpeil:**
De hoogte van het water in een gracht, rivier, vijver of enig open waterreservoir ten opzichte van een referentieniveau (maaiveld, mTAW ...).
- **Waterremmende wanden:**
Wanden, meestal uit staal of beton, die een sterk waterremmende functie hebben. Wanden hebben vaak een dubbele functie: het horizontaal hydraulisch afsluiten van een bouwput en het funderen van een constructie.
- **Watersysteem:**
Een samenhangend en functioneel geheel van oppervlaktewater, grondwater, waterbodems en oevers, met inbegrip van de daarin voorkomende levensgemeenschappen en alle bijbehorende fysische, chemische en biologische processen, en de daarbij behorende technische infrastructuur.
- **Watervoerende laag:**
Eén of meer ondergrondse rotslagen of andere geologische lagen die voldoende poreus en doorlatend zijn voor een belangrijke grondwaterstroming of voor de onttrekking van aanzienlijke hoeveelheden grondwater²⁸. Cf. aquifer.
- **Waterremmende laag:**
Een met water verzadigde grondlaag die weinig doorlatend is. Cf. aquitard.
- **Waterwingebied:**
"Waterwingebied" en "beschermingszone type I, II en III": het als dusdanig in toepassing van het decreet van 24 januari 1984 houdende maatregelen inzake het grondwaterbeheer afgebakende gebied, respectievelijk zone. Zie ook [bijlage 6.5](#).
- **Watertoets:**
Een onderzoek van de Vlaamse overheid naar schadelijke effecten op het watersysteem die veroorzaakt kunnen worden door bijvoorbeeld de bouw van een woning of een infrastructuurproject. Het resultaat van dit onderzoek wordt dan opgenomen als een waterparagraaf in de vergunning of in de goedkeuring van het plan of programma (www.watertoets.be).

.. *Index Z*

- **Zandvang:**
Blind buisgedeelte (meestal 0,5 m) onderaan een filter, waarin met het water meegevoerde fijne deeltjes (bv. zand) kunnen bezinken.
- **Zetting:**

²⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=75697&woLang=nl>

Verticale vervormingen/verplaatsingen van de grond te wijten aan wijzigingen in de verticale effectieve spanningen, bv. door afname van de waterspanning. De uiteindelijke zetting en de zettingsduur hangen af van de drainage van de grond. Zand zal snel zetten, klei zal traag zetten. Zettingen kunnen ook ontstaan door krimp van drogende klei, oxidatie van veen en inwendige erosie. Het zijn meestal differentiele zettingen die zorgen voor de belangrijkste schade.

1.2 Afkortingen:

- **ABEF:**
Belgische Vereniging Aannemers Funderingswerken
- **ANB:**
Agentschap voor Natuur en Bos
- **BBO:**
Beschrijvend bodemonderzoek
- **BBT:**
Beste beschikbare technieken
- **BEA:**
Bomen effect analyse
- **BEO:**
Boorgat-Energie-Opslag
- **BPA:**
Bijzonder plan van aanleg
- **BSP:**
Bodemsaneringsproject
- **BVBB:**
Beroepsvereniging bronbemaalingsbedrijven
- **BZV:**
Biochemisch zuurstofverbruik
- **CMA:**
Compendium voor monsterneming en analyses van afvalstoffen en bodem²⁹
- **CPT:**
Een *cone penetration test*, de Engelse benaming voor een sondering
- **CVGP:**
Code van goede praktijk
- **DHM:**
Digitaal Hoogte Model
- **DOV:**
Databank Ondergrond Vlaanderen, www.dov.vlaanderen.be
- **DWA:**
Droogweerafvoer

²⁹ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/bodem-en-afvalstoffen-ovam/compendium-cma>

- **EC:**
Electrical conductivity; elektrische conductiviteit
- **EM:**
Electromagnetic induction; elektromagnetische inductie
- **ER:**
Electrical resistivity; elektrische resistiviteit
- **GS:**
Gevaarlijke stoffen
- **HCOV:**
Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen
- **IIOA:**
Ingedeelde inrichting of activiteit
- **KWO:**
Koude-en-Warmte-Opslag
- **MER:**
Milieueffectrapport (het document)
- **m.e.r.:**
Milieueffectrapportage (de procedure)
- **MFI:**
Membraanfilterindex
- **MKN:**
Milieukwaliteitsnormen (voor grondwater, voor een type oppervlaktewater, ...)
- **OBO:**
Oriënterend bodemonderzoek
- **OVAM:**
Openbare Vlaamse Afvalstoffenmaatschappij, www.ovam.be
- **PGS:**
Prioritair gevaarlijke stoffen
- **RUP:**
Ruimtelijk uitvoeringsplan
- **RWA:**
Regenwaterafvoer
- **RWZI:**
Rioolwaterzuiveringsinstallatie
- **SBZ**
Speciale beschermingszone, zie ook [bijlage 6.5](#)
- **TDS:**
Total dissolved solids
- **VGM**
Vlaams Grondwater Model
- **VLAREBO:**

Vlaams reglement rond bodemsanering en bodembescherming

- **VLAREL:**
Vlaams reglement inzake erkenningen met betrekking tot het leefmilieu
- **VLAREM:**
Vlaams reglement betreffende de milieuvergunning
- **VMM:**
Vlaamse Milieumaatschappij
- **VOCI:**
Vluchtige organische chloorverbindingen
- **WAC:**
Compendium voor de monsterneming, meting en analyse van water³⁰
- **ZS:**
Zwevende stoffen

³⁰ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water/compendium-wac>

BIJLAGE 6.2 - Checklist 1: gegevensverzameling en omgevingscreening					
		Is de info beschikbaar?		Noodzaak	
		ja	nee	Cruciale gegevens in eerste stap/screening?	Eventueel verder te onderzoeken na eerste stap/screening
Relevant voor niet-ingedeelde bemaling					

1 Gegevens van het bouw- of infrastructuurproject zelf

Adres en inplanting op perceel voor bouwproject of straatnamen voor lijntraject			x		x
Footprint, afmetingen (lengte, breedte, diepte) algemene uitgraving en lokaal diepere zones; uitgravingsdiepte sleuven en diepere putten bij lijntrajecten (in mTAW)			x		x
Maaiveldpeil (mTAW), eventuele variatie, referentiestelsel (XY-coördinaten in Lambert 72)			x		x
Funderingswijze project bv. funderingspalen: aanzetpeil, diepte, techniek			x		
Eventuele voorzienene beschoeiing/wanden (om stabiliteitsredenen): waar? welke? diepte?			x		x
Lokaal grondonderzoek (sonderingen, boringen, peilbuizen, grondwaterstaalnames) ¹			x		x
Ander lokaal grondonderzoek (pompproeven, technisch verslag grondverzet ...) ¹				x	

2 Situering bouw- of infrastructuurproject in haar omgeving

Grondonderzoek omgeving (via DOV, Geopunt, VGM, grondmechanische kaarten, Ferraris-kaarten, eigen archief ...) ¹			indien lokaal onderzoek niet beschikbaar is	x	x
Bestemming van het bemalingswater:					
* Is er ruimte beschikbaar om het bemalngswater weer in de ondergrond te brengen?			x		x
* Zijn er reeds infiltratievoorzieningen?			x		x
* Is lozing in oppervlaktewater mogelijk?			x		x
* Is er een RWA-leiding aanwezig?			x		x
* Is er een DWA-leiding of gemengd rioleringsstelsel aanwezig?			x		x
Ligging ten opzichte van aandachtsgebieden voor bemalingen ⁵ (via themaloket DOV):			x		
* Beschermde duingebieden			x		
* Speciale beschermingszones (SBZ)			x		
* VEN- en IVON-gebieden			x		
* Grondwaterwingebieden en beschermingszones					
* Cultuurhistorisch landschap, stads- of dorpsgezicht, monument of archeologische zone					
* Erfgoedlandschap					
* Verziltingskaart			x		
* Biologische waarderingskaart en ecotoopkwetsbaarheidskaart voor verdroging			x		
* Lokale waardevolle bomen			x		
Ligging ten opzichte van:			x		
* Decretale bodemonderzoeken, risicogronden of schadegevallen (via OVAM geoloketten ⁴ of DOV)			x		
* PFAS no reget zones			x		
* Bestaande grondwatervergunningen en actieve bemalingen (via DOV)			x		
* Open water (belangrijke rivieren, zee, kanaal ...)			x		

3 Gegevens omgeving bouw- of infrastructuurproject en omliggende percelen

Ligging (afstand) ten opzichte van bestaande constructies, infrastructuur en bebouwing			x		x
Info van omliggende gebouwen en infrastructuur (bv. bestaande wanden, metrolijnen, tunnels ...)			x		
Info van omliggende gebouwen en infrastructuur (funderingswijze, nutsleidingen)				x	
Historische, zettingsgevoelige gebouwen			x		x
Bestaande actieve (kaartlaag via DOV) of passieve bemalingen (oude drains, lekkende riolen ...)				x	

4 Gegevens omtrent lokale hydrogeologie op basis van lokaal grondonderzoek¹ of grondonderzoek omgeving

Dikte/diepte diverse grondlagen, bepaling van watervoerende en waterremmende lagen			x		x
Eigenschappen diverse grondlagen (doorlatendheid k _{horizontaal} en k _{verticaal} , berging ...)			x		
Gemiddelde, minimale en maximale grondwaterstand (mTAW; in alle relevante grondlagen) en noodzakelijke verlaging; met vermelding bron (bv. peilmeting)			x		x
Verwachte invloed op de grondwaterstand (natuurlijke invloeden, antropogene invloeden ...)			x		
Interactie tussen verschillende watervoerende lagen, eventuele noodzaak spanningsbemaling ² omwille van opbarstgevaar ³ ?			x		x
Grondwaterkwaliteit in functie van het terug in de ondergrond brengen ² of lozing (verontreiniging ⁴)				x	x
Technische en economische uitvoerbaarheid van een retourbemaling ²				x	

5 Gegevens omtrent regionale hydrogeologie bij projecten met grote impact (te bepalen indien relevant na eerste screening en kan een iteratief proces zijn).

Verzameling van gegevens van * open water (gemiddeld peil, hydraulische weerstand, inschatting voeding ...) * kwetsbare watervoerende lagen * heterogeniteit quartaire pakketten * mogelijke oude rivierbeddingen in oude stadscentra met preferentiële stromingsrichting * interactie tussen vrij en gespannen grondwater in de alluvia rond rivieren * ...				x	
--	--	--	--	---	--

6 De gegevens worden samengevat in een hydrogeologische schematisatie (in mTAW en m-mv) met aanduiding gewenste verlaging en bouwput/sleuf.

¹ In bijlage 6.3 wordt meer informatie gegeven over de noodzaak van grondonderzoek en de uitvoeringswijze ervan.
² In bijlage 6.9 worden de verschillende bemalingstechnieken in detail beschreven.
³ In bijlage 6.9 ('Bemalingstechnieken') en bijlage 6.16 ('Kwalitatieve elementen van monitoring') wordt opbarstgevaar besproken.
⁴ OVAM Geoloketten: https://services.ovam.be/ovam-geoloketten/
⁵ In bijlage 6.5 wordt een overzicht gegeven van aandachtsgebieden voor bemalingen met een summiere omschrijving van de doelstelling van deze gebieden, de regelgeving en hoe/waar ze kunnen geraadpleegd worden.
Hyperlink naar DOV themaloket bemalingen

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.3 – Richtlijnen grond(water)onderzoek

In deze bijlage wordt een overzicht van richtlijnen gegeven die gevolgd moeten worden bij het uitvoeren van grondonderzoek en grondwateronderzoek. Tevens worden aanbevelingen geformuleerd over de noodzaak van grond(water)onderzoek.

Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden in dit document opgenomen in de voetnoten.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Overzicht en beperkte richtlijnen voor de uitvoeringswijze van het grond(water)onderzoek	3
2.1	Sonderingen.....	3
2.2	Boringen	5
2.3	Peilputten en peilbuizen	6
2.4	Meting van de grondwaterstand	12
2.5	Meting van de grondwaterkwaliteit	14
2.6	Pompproeven en proefbemalingen.....	16
2.6.1	Pompproef	16
2.6.2	Proefbemaling.....	17
2.7	Andere technieken	17
2.7.1	Doorlatendheidsproeven in peilbuizen.....	17
2.7.2	Infiltratieproeven	18
3	Richtlijnen voor de bepaling van minimaal grondonderzoek.....	19
3.1	Bepaling van de categorie	19
3.2	Minimum grondonderzoek per categorie	22
3.3	Evaluatie van het beschikbaar grondonderzoek.....	23
4	Referentielijst	23

1 Inleiding

In deze bijlage worden enerzijds enkele richtlijnen vermeld voor de uitvoeringswijze van een grond(water)onderzoek, anderzijds worden aanbevelingen geformuleerd over de noodzaak van grondonderzoek: volstaat een minimaal grondonderzoek of is een uitgebreider onderzoek nodig?

Uiteraard kunnen deze aanbevelingen worden bijgesteld wanneer blijkt dat de resultaten van het minimale grondonderzoek afwijken van wat op basis van de gegevensverzameling en omgevingsscreening werd vooropgesteld. Het is de ontwerper van de bemaling (het studiebureau of een andere instantie met de nodige ervaring/kennis) die finaal dient te beslissen over de noodzaak, diepte en de detaillering van het grondonderzoek.

Waar mogelijk wordt er in de volgende paragrafen verwezen naar de meest recente normen en richtlijnen van het betreffende grondonderzoek. Daarbuiten kunnen ook de technische bepalingen, zoals beschreven in 'Standaardbestek 260 voor kunstwerken en waterbouw versie 3.0'¹, geraadpleegd worden.

2 Overzicht en beperkte richtlijnen voor de uitvoeringswijze van het grond(water)onderzoek

2.1 Sonderingen

De beoogde informatie uit sonderingen is de lagenopbouw met een eerste identificatie van de grondsoort en een beoordeling van de homogeniteit van de gesondeerde lagen of vaststelling van lokale discontinuïteiten.

Sonderingen worden steeds elektrisch uitgevoerd. Bij elektrische sonderingen wordt immers, naast de opmeting van de puntweerstand, ook de lokale grondwrijving opgemeten. De gecombineerde kennis van de lokale punt- en wrijvingsweerstand laat een betere classificatie van de gesondeerde grondsoorten toe dan bij een mechanische sondering. De kostprijs van beide technieken is veelal gelijkaardig.

Om de uitvoeringsdiepte van de sonderingen vast te leggen wordt aangeraden eerst DOV te raadplegen alsook de gegevens uit eventuele naburige projecten (omgevingsscreening). Aan de hand van de hier reeds beschikbare gegevens van boringen, sonderingen, kaartmateriaal en een virtuele boring doorheen het (hydro)geologisch 3D-model van Vlaanderen (voorbeeld in Figuur 1) kan een inschatting gemaakt worden van de te verwachten grondopbouw op de site of langsheen het traject en kan een sonderingsdiepte vooropgesteld worden. Minimaal kan gesteld worden dat een sondering dient te reiken tot driemaal de vooropgestelde uitgravingsdiepte, met een minimum van 15 m. Indien er vermoedelijk iets dieper een belangrijke wijziging in grondopbouw verwacht wordt (bv. kleilaag), dienen de sonderingen tot deze grotere diepte te worden uitgevoerd. Wanneer waterremmende wanden worden voorzien, dienen een aantal sonderingen voldoende diep in/door de horizontale afsluitende laag (bij voorkeur minimaal 2 m) te reiken waarin/waardoor men eventuele wanden wil aanzetten.

De indrukcapaciteit van sonderingen varieert van 25 kN tot 300 kN, afhankelijk van het apparaat en de

¹ <https://www.vlaanderen.be/departement-mobiliteit-en-openbare-werken/mobiliteitsprojecten-in-vlaanderen/standaardbestekken/standaardbestek-260>

opstellingswijze. Voor de meeste bemalingsstudies zullen sonderingen met een drukkracht van 200 kN noodzakelijk zijn. Gezien deze vaak worden uitgevoerd in de beginfase van het project en op dat moment nog niet alle uitvoeringsdetails van het project bekend zijn, is de aanbeveling dan ook om steeds sonderingen met een drukkracht van 200 kN te laten uitvoeren tot aan de maximale indrukingscapaciteit van de sondeerwagen.

Sommige omstandigheden laten sonderen aan hoge indrukcapaciteit niet toe, bv. indien er gesondeerd wordt met een klein toestel vanuit een bestaande kelder. In dergelijke gevallen kan het noodzakelijk zijn in een latere projectfase, bv. éénmaal een bestaand gebouw afgebroken is, sonderingen aan hogere indrukcapaciteit uit te voeren.

Indien een sondering vastloopt op een harde laag (bv. steenbanken of grindafzettingen) of ten gevolge van een hoge wrijving, dan moet de ontwerper van de bemalingsstudie oordelen of het noodzakelijk is dieper te sonderen. Dit kan gerealiseerd worden door de sondering te combineren met een boring (doorheen harde lagen boren om vervolgens verder te sonderen) of op een andere wijze verder te sonderen (bv. spoelsondering doorheen stijve klei).

De grondwaterstand die na de uitvoering van de sondering in het sondeergat wordt opgemeten, heeft hoogstens een indicatieve waarde. Deze waterstand kan foutief of onnauwkeurig zijn, in het bijzonder wanneer doorheen meerdere watervoerende lagen gesondeerd wordt. Een correcte meting van de grondwaterstand wordt uitgevoerd door middel van een meting in een peilbuis (zie paragraaf 2.4).

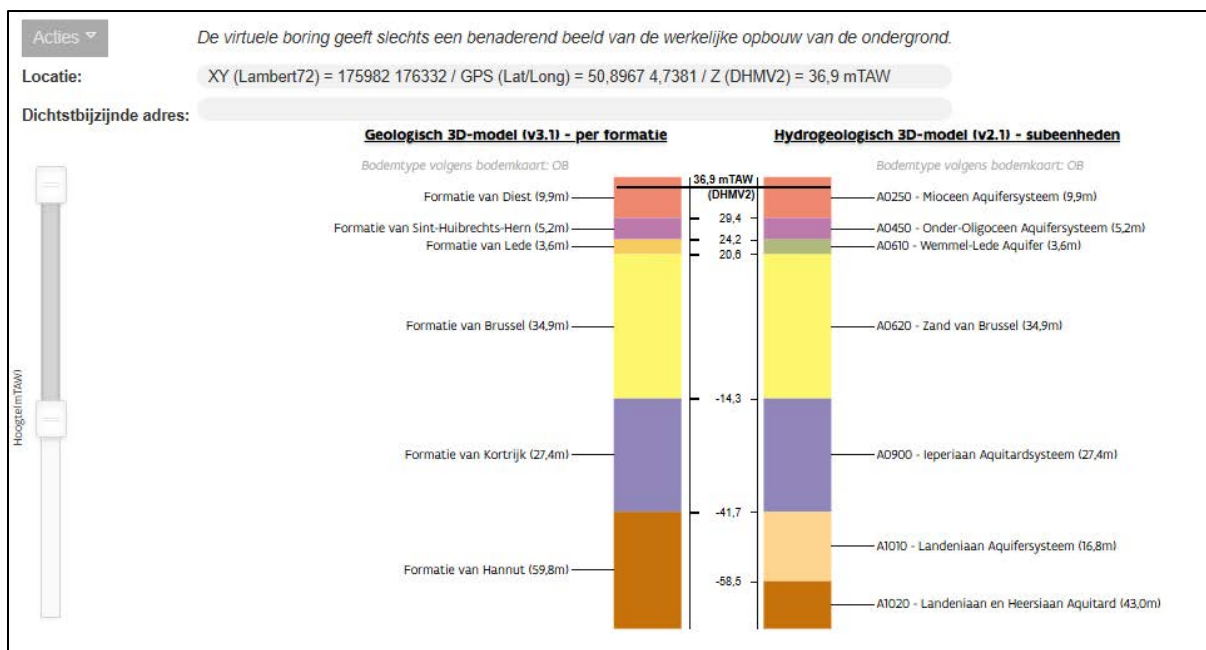
De sonderingen worden uitgevoerd in overeenstemming met de meest recente normen of voorschriften. Op het moment van actualisatie van voorliggende richtlijnen, betreft dit de 'International Standard EN ISO 22476-1:2023' norm voor elektrische sonderingen en de 'International Standard EN ISO 22476-12:2009' norm voor mechanische sonderingen. Voor het plannen, uitvoeren en rapporteren van sonderingen in België dienen specifiek de richtlijnen te worden gevolgd die beschreven staan in het document 'Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: Sonderingen – deel 1: planning, uitvoering en rapportering' (BGGG²). Tevens moeten de sonderingen uitgevoerd worden conform de aanvullende technische bepalingen uit het SB260 versie 3.0³. Het document 'Standaardprocedures voor geotechnisch onderzoek: Algemene bepalingen' (BGGG⁴) biedt meer achtergrond bij het uitvoeren van sonderingen.

Gezien de snelheid van de proef, de beperkte kostprijs, de beperkte verstoring van de ondergrond en de vrij nauwkeurige informatie (indien geïnterpreteerd door een ervaringsdeskundige) is het uitvoeren van sonderingen de meest gebruikte techniek om grondonderzoek uit te voeren.

² Te raadplegen via de webpagina van de BGGG: <https://www.bggg-gbms.be/nl/>

³ <https://www.vlaanderen.be/departement-mobiliteit-en-openbare-werken/mobiliteitsprojecten-in-vlaanderen/standaardbestekken/standaardbestek-260>

⁴ Te raadplegen via de webpagina van de BGGG: <https://www.bggg-gbms.be/nl/>



Figuur 1: Voorbeeld van een virtuele boring gebaseerd op de geologisch en hydrogeologische 3D-modellen van Vlaanderen (bron: DOV).

2.2 Boringen

Boringen hebben tot doel de aard van de grond nader te omschrijven en worden bij voorkeur uitgevoerd in de onmiddellijke nabijheid van reeds uitgevoerde sonderingen. Conform de bepalingen uit het SB260 versie 3.0 worden boringen op een afstand van minimaal 2 m en maximaal 10 m van de bijhorende sondering uitgevoerd.

De te verkiezen boortechniek wordt afgestemd op de aard van de ondergrond, de te bereiken boordiepte, de eventuele afwerking van het boorgat tot peilbuis en eventuele vereisten in verband met staalname van grondmonsters. Van de boring wordt een zo gedetailleerd mogelijke terreinboorstaat opgemaakt⁵.

Om de uitvoeringsdiepte van een boring vast te leggen moet eveneens gekeken worden naar de resultaten van de gegevensverzameling en omgevingsscreening (bv. DOV) en worden bij voorkeur de resultaten van de lokale sonderingen gebruikt. Op basis van de grondopbouw wordt de uitvoeringsdiepte door de ontwerper bepaald, rekening houdend met de geplande uitgravingsdiepte van de constructies of sleuven.

Vaak worden de boringen in het grondonderzoek afgewerkt als peilbuis (zie paragraaf 2.3). Het is daarom aanbevolen om boringen slechts uit te voeren éénmaal de sondeerresultaten bekend zijn. De noodzakelijke filterstelling van een peilbuis kan immers de uitvoeringsdiepte van de boringen bepalen.

⁵ Men kan zich hierbij laten leiden door de bepalingen uit het SB260 (260-32-2.4.1.4) en meer bepaald het kader dat voorgeschreven wordt door de 'NBN EN ISO 14688-1'.

Boringen worden uitgevoerd in overeenstemming met de 'NBN EN ISO 22475-1:2021 of 2007' norm en in overeenstemming met de CVGP (CVGP; VLAREM II bijlage 5.53.1.⁶).

Opmerking 1: Droge boringen (holle avegaar, pulsboor, direct push, sonische boring ...) leveren de meest gedetailleerde boorstaten op. Natte boringen (spuitlansen, spoelboren, zuigboren ...) leveren veel minder nauwkeurige boorstaten op die beter niet gebruikt worden voor de opmaak van een hydrogeologisch profiel van de ondergrond. Sommige boortechnieken laten toe grondmonsters te nemen voor verder onderzoek in laboratoria.

Opmerking 2: Voor het uitvoeren van boringen in kader van grondwaterwinning/geothermie (en dus ook bemalingen) is in Vlaanderen een VLAREL-erkenning noodzakelijk. De lijst van VLAREL-erkende boorbedrijven kan geraadpleegd worden via de website van VMM (<https://vmm.vlaanderen.be/diensten-producten/lijst-erkende-boorbedrijven>). Zie ook **bijlage 6.8**.

2.3 Peilputten en peilbuizen

Een peilbuis betreft een PVC of HDPE buis met filtersectie en een blind gedeelte die wordt ingebouwd in een pompput of in een aparte boring⁷. Indien een aparte boring wordt uitgevoerd voor het plaatsen van een peilbuis, wordt er over een peilput gesproken.

De locatie, aanzetdiepte en hoogte van de filterelementen van de peilbuizen worden bij voorkeur bepaald na het uitvoeren van lokale sonderingen. In situaties waarbij de filterstelling van de peilbuis cruciaal is (bv. net boven of net onder een stoorlaag), wordt de boring best bijgewoond door een hydrogeoloog of ervaringsdeskundige. Deze stelt dan tijdens de boring op basis van de opgeboorde grondstalen een terreinboorstaat op, zodat de aanzetdiepte van de peilput en de filterstelling van de peilbuis verder kunnen gespecificeerd worden. Er wordt dan bij voorkeur met een droge boortechniek gewerkt, die de opmaak van een nauwkeurige terreinboorstaat toelaat.

Het filterelement van een peilbuis moet in goed hydraulisch contact staan met de grondlaag waarin men de grondwaterstand wil meten. Om die reden wordt een peilput idealiter geboord door middel van spoel- of zuigboren. Indien spoel- of zuigboren praktisch niet mogelijk is of tijdens de boring een gedetailleerde terreinboorstaat moet opgemaakt worden, kan de peilbuis geplaatst worden door middel van een droge boring (bv. avegaar- en pulsbooring of sonische boring). Bij droge boortechnieken is het risico op versmering van de boorgatwand groter, wat een impact kan hebben op het hydraulisch contact tussen de grondlaag en peilbuis.

In geen geval kan een peilbuis in de grond geduwd worden door middel van een sondeermachine. Ook metingen van de grondwaterstand in sondeergaten zijn niet representatief.

Na het afwerken van het boorgat worden de peilbuizen schoon gepompt tot ze slib- en zandvrij water produceren. Idealiter worden de coördinaten van de peilput en de top van de peilbuis ingemeten en gerapporteerd, preferabel in Lambert 72 of Lambert 08 coördinaten en in het TAW referentiestelsel. Lambert 72 wordt voorlopig nog ondersteund maar tegen eind 2028 wordt Lambert 08 de standaard.

Figuur 2 toont een schematische doorsnede van een peilput met aanduiding van de belangrijkste elementen⁸. Het filterelement wordt geplaatst in het verzadigde gedeelte van een watervoerende laag. De annulaire ruimte tussen de filtersectie van de peilbuis en de boorgatwand wordt opgevuld met een filtergrind of -zand dat qua korrelgrootte aangepast is aan de textuur van de watervoerende laag⁹. Het

⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

⁷ Voor achtergrondinformatie wordt verwezen naar een instructievideo opgemaakt in kader van het COOCK-project 'Grondwaterbeheersing bij bouwprojecten': [COOCK Grondwaterbeheersing - Installatie van peilbuizen](#)

⁸ Voor een uitgebreid overzicht van specificaties van peilbuizen wordt verwezen naar de bepalingen uit het standaardbestek 260 (260-32-2.7.1).

⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=76829&woLang=nl>

filtergrind of -zand wordt gestort tot 1 à 2 m boven de filtersectie. Hierboven wordt een eerste kleistop van minimaal 2 m aangebracht. Aan het maaiveld wordt tevens een kleistop voorzien met een lengte van minimaal 2 m.

Bij meerdere watervoerende lagen moet in iedere (voor het project relevante) laag een peilbuis worden geplaatst (Figuur 3). De peilbuizen worden bij voorkeur in aparte boorgaten geplaatst. Indien toch wordt besloten om meerdere peilbuizen in één enkel boorgat te plaatsen, moet de annulaire ruimte van de boring ter hoogte van doorboorde weinig doorlatende lagen opgevuld worden met een kleistop om te vermijden dat een verbinding gecreëerd wordt tussen de verschillende watervoerende lagen. Deze kleistop reikt tot 1 m onder en boven de af te dichten laag¹⁰. De diameter van de boring dient daartoe te worden aangepast zodanig dat de aanvulling naast de te installeren peilbuizen oordeelkundig kan gebeuren. Als vuistregel kan gesteld worden dat de diameter van de boring minimaal 80 mm groter moet zijn dan de som van de buitendiameters van de te plaatsen peilbuizen, en dat de tussenafstand tussen de peilbuizen minimaal 30 mm bedraagt.

In het geval dat meerdere peilbuizen in één boorgat worden geplaatst, moet de diepte van elke buis zijn aangegeven. Een diepere peilbuis wordt aan het maaiveld lager afgewerkt dan een minder diepe peilbuis (Figuur 3).

De hierboven vermelde vereisten voor het afdichten van peilputten zijn gebaseerd op de CVGP voor boringen en voor exploiteren en afsluiten van boorputten voor grondwaterwinning¹¹. De ontwerper dient te beoordelen of in sommige situaties deze voorwaarden niet kunnen gevolgd worden, bv.:

- Indien men een representatieve staalname en -analyse wil uitvoeren van grondwater uit een peilbuis, dient deze peilbuis de uiteindelijke bemalingsinstallatie (bv. verticale filters) zo goed mogelijk te benaderen. In dergelijk geval kan het aangewezen zijn geen kleistop te voorzien boven de filtersectie, aangezien deze kleistop bij de uiteindelijke filterbemaling ook niet voorzien wordt. De kleistop nabij het maaiveld blijft verplicht.
- Indien er onvoldoende ruimte is om de noodzakelijke aanvullingen uit te voeren, bv. bij ondiepe peilbuizen.

De diameter van de peilbuis moet aangepast worden aan het type meting dat erin moet worden uitgevoerd. Voor het uitvoeren van peilmetingen, manueel of automatisch, volstaat theoretisch een minimale diameter van 32 mm. Om een representatieve staalanalyse uit te voeren van het grondwater, zijn peilbuizen met een bredere diameter noodzakelijk (zie paragraaf 2.5). Wanneer EM-metingen moeten worden uitgevoerd (zie [bijlage 6.17](#)) is een diameter van 63 mm een minimale vereiste.

Indien langere sleuftrajecten uitgegraven en bemaald moeten worden in een hellend gebied, is het aangewezen de peilbuizen zo te plaatsen dat de natuurlijke stromingsrichting kan afgeleid worden. Ook bij grote bemalingen is het aangewezen in studiefase peilbuizen te voorzien in een driehoeksverband, om een eventuele grondwatergradiënt in kaart te brengen.

Conform artikel 5.53.6.1.2. §4 uit VLAREM II¹² wordt er bij een meldings- of vergunningsplichtige bemaling minimaal één peilput geplaatst met een filter in de watervoerende laag waarin de verlaging beoogd wordt. Die peilput wordt op een zodanige locatie geplaatst dat de peilput representatief is voor

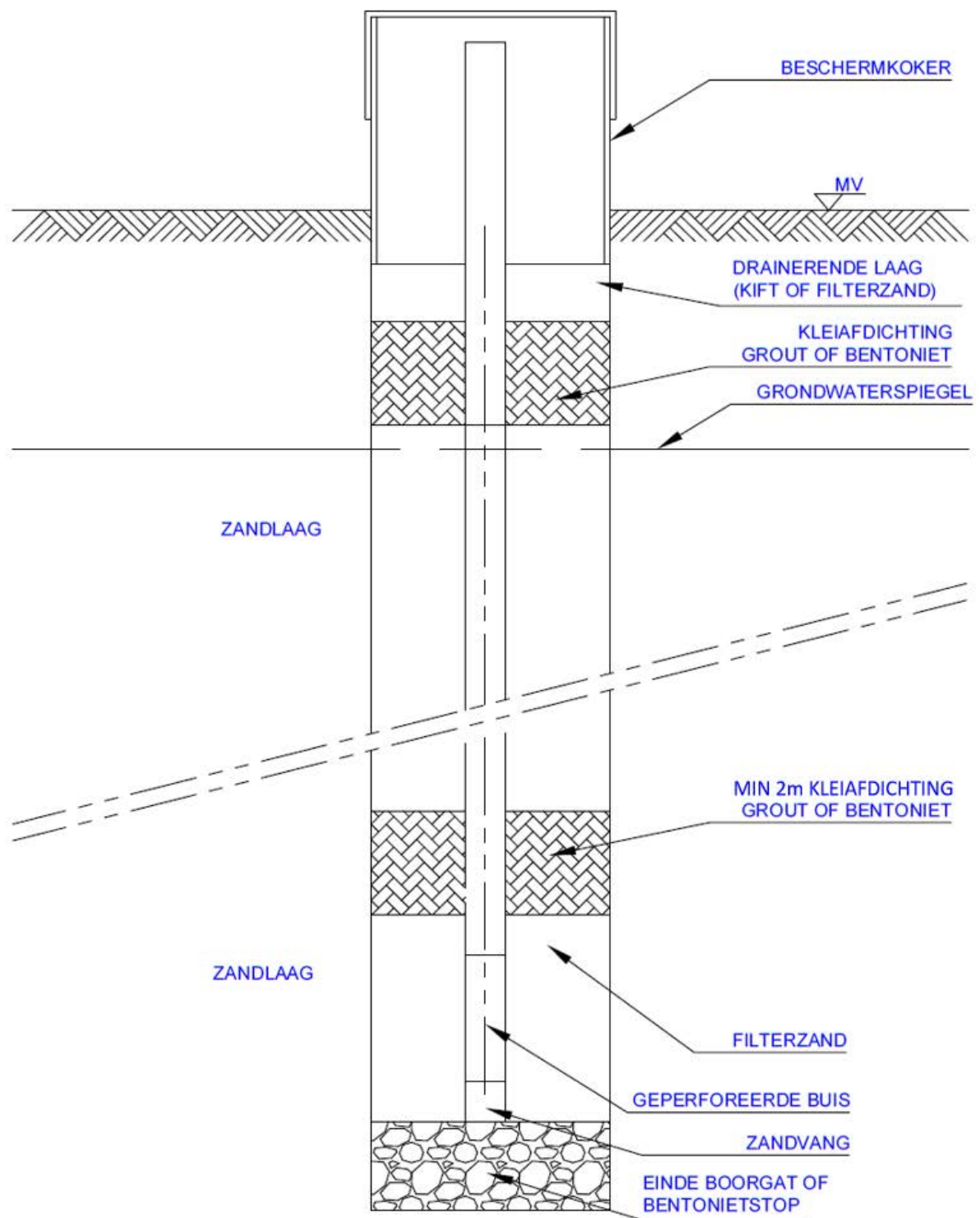
¹⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=76829&woLang=nl>

¹¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=24785&woLang=nl>

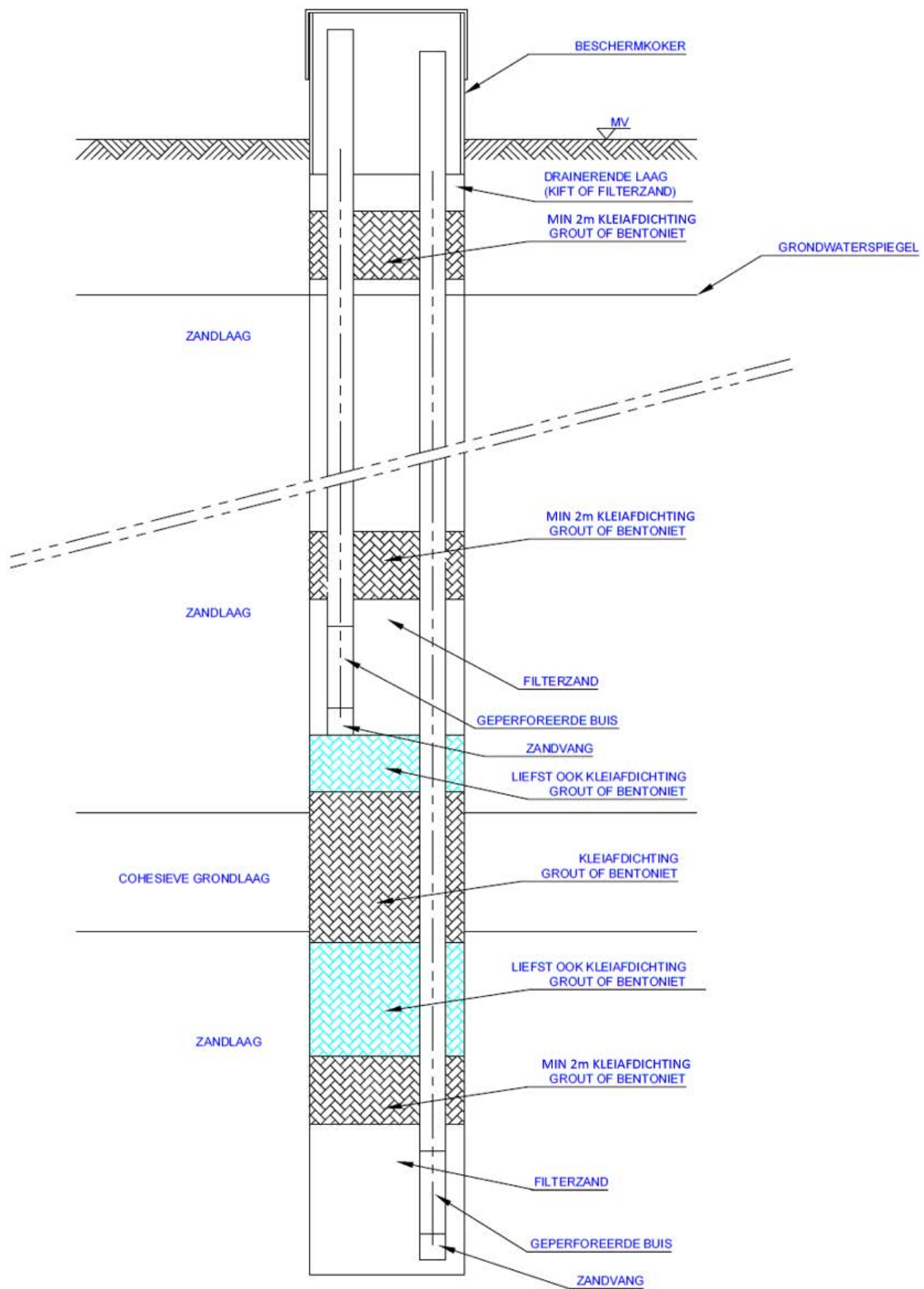
¹² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

het opvolgen van de gewenste grondwaterverlaging en kan gebruikt worden voor de automatische sturing van de pomp(en). Tenzij anders vermeld in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit, wordt bij bouwputten met een omtrek van meer dan 150 meter één bijkomende peilput geplaatst per bijkomende begonnen schijf van 150 meter. Tenzij anders vermeld in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit, wordt bij lijnbemalingen minimaal één peilput per 400 meter traject geplaatst. Indien met deze voorwaarde rekening gehouden wordt bij het plaatsen van peilputten in studiefase, kunnen eventueel één of meerdere van deze peilputten gerecupereerd worden tijdens de uitvoering. Dit is evenwel niet altijd mogelijk, aangezien de definitieve werfindeling tijdens de studiefase vaak nog niet gekend is.

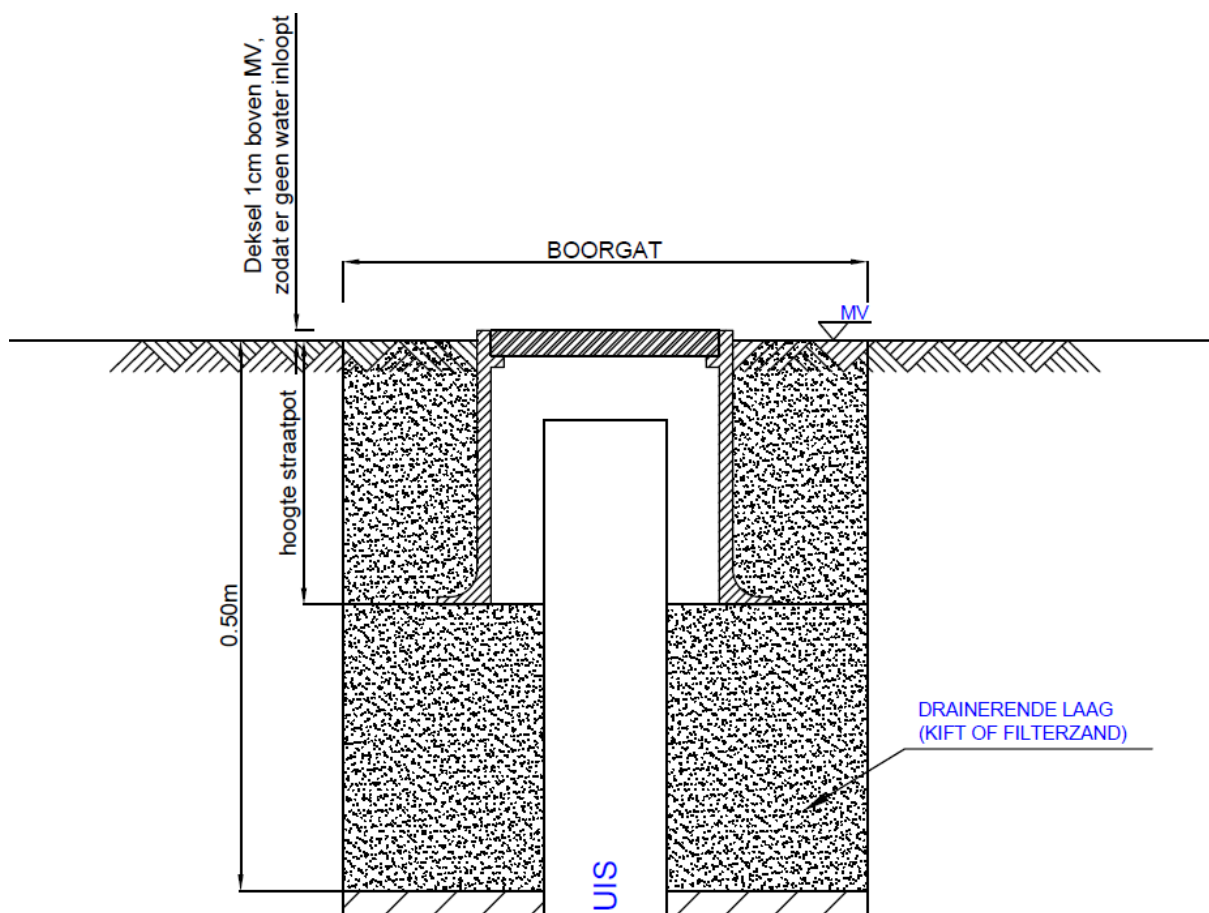
Peilbuizen worden steeds afgedicht met een dop en van een luchtinlaat voorzien. Ter bescherming van een peilput kan deze afgewerkt worden met een gelijkgrondse afwerking (straatpot; Figuur 4 en Figuur 5) of een bovengrondse afwerking (beschermhuis of -koker; Figuur 2 en Figuur 3).



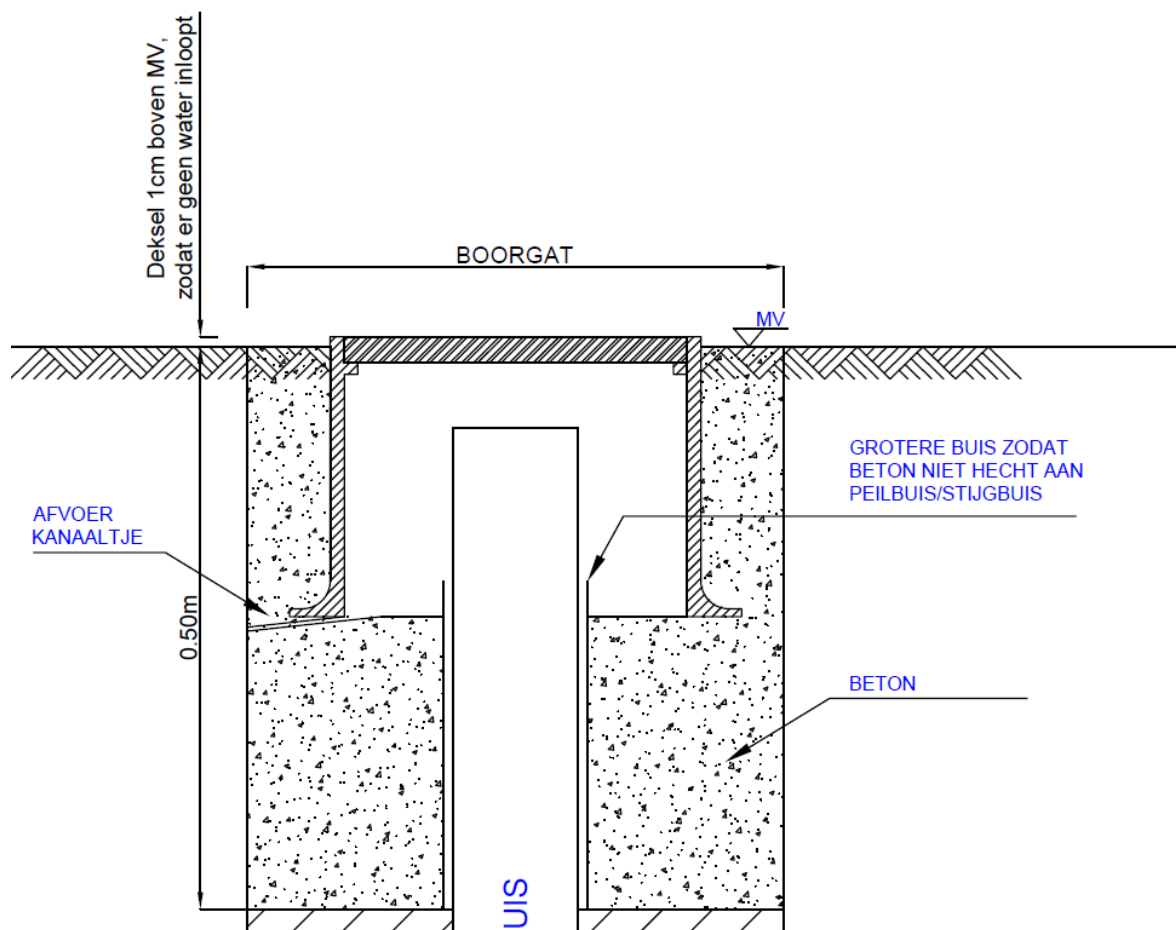
Figuur 2: Conceptuele voorstelling van een enkelvoudige peilput (bron: Departement Mobiliteit en Openbare Werken). Kift is een soort fijn grind.



Figuur 3: Conceptuele voorstelling van een multilevel peilbuis (bron: Departement Mobiliteit en Openbare Werken). Kift is een soort fijn grind.



Figuur 4: Afwerking aan het maaiveld door middel van een straatpot aangebracht in een drainerende laag (bron: Departement Mobiliteit en Openbare Werken).



Figuur 5: Afwerking aan het maaiveld door middel van een straatpot aangebracht in een betonlaag (bron: Departement Mobiliteit en Openbare Werken).

2.4 Meting van de grondwaterstand

Metingen van de grondwaterstand in peilbuizen worden bij voorkeur op regelmatige basis en over een relevante tijdsperiode uitgevoerd ten opzichte van een vast referentiepunt. Idealiter wordt de grondwaterstand gedurende 1 jaar opgemeten om een beeld te krijgen van de natuurlijke schommeling onder invloed van de seizoenen. Om een correcte inschatting te bekomen van de gemiddelde hoogste grondwaterstand ter hoogte van een projectgebied, schrijft de Gewestelijke Stedenbouwkundige Verordening Hemelwater voor om metingen van de grondwaterstand maandelijks uit te voeren tussen de maanden november en april¹³.

Onmiddellijk na plaatsing van de peilbuis is de grondwaterstand nog verstoord. Minimaal wordt er 24 u voorzien tussen het tijdstip van plaatsing van de peilbuis en de eerste bruikbare grondwaterstandmeting. De metingen kunnen manueel uitgevoerd worden door middel van een peilmeetlint of automatisch door middel van een zelfregistrerend meetinstrument, nl. een waterpeildatalogger (online of offline; Figuur 6).

¹³ <https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/publicaties/technisch-achtergronddocument-bij-de-gewestelijke-stedenbouwkundige-verordening>



Figuur 6: Peilmeetlint (links) en dataloggers (offline midden of online rechts) voor het opmeten van de grondwaterstand.

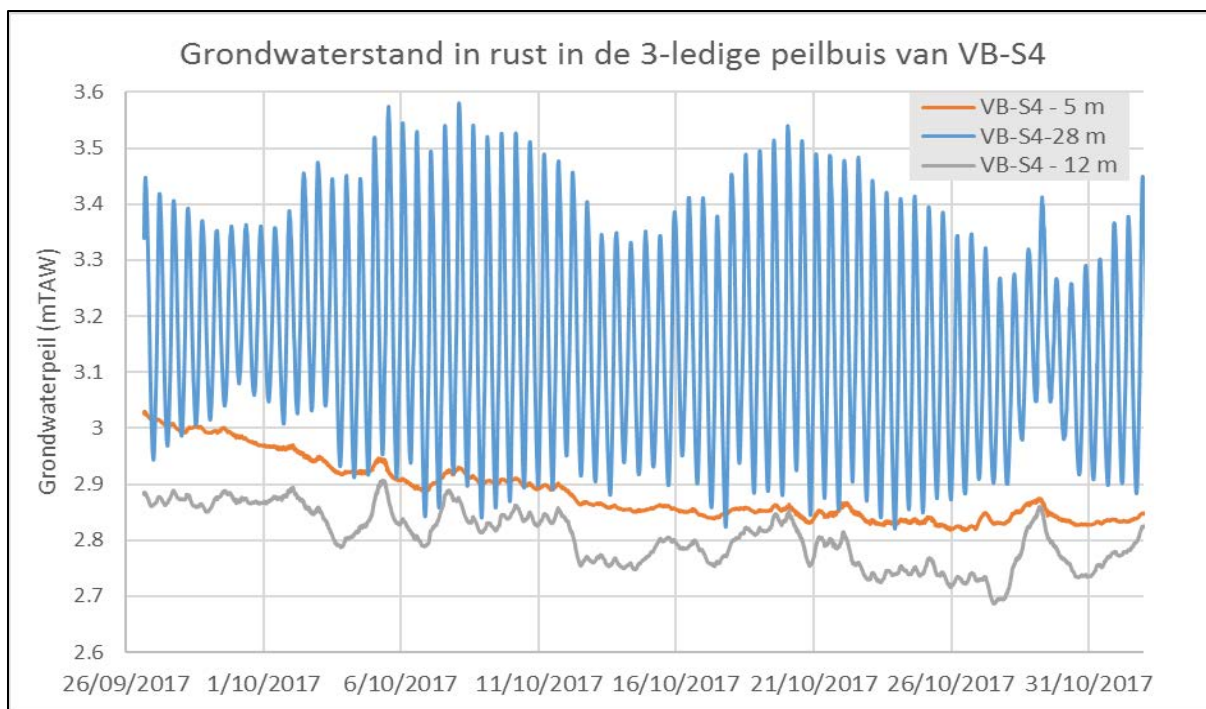
Tabel 1 toont een voorbeeld van de standaard rapportage van manuele metingen door middel van een peilmeetlint. Een manuele meting is per definitie momentaan, en is dus slechts representatief voor het moment van de meting.

Tabel 1: Voorbeeld standaard rapportage manuele meting.

		Meting 23-05-2025 15:30		Meting 25-05-2025 11:17	
	Peilbuis bovenkant	Grondwaterstand		Grondwaterstand	
	<i>mTAW</i>	<i>m-pb</i>	<i>mTAW</i>	<i>m-pb</i>	<i>mTAW</i>
B1 - PB1	27,34	1,74	25,60	1,73	25,61
B1 - PB2	27,54	2,08	25,46	2,07	25,47

Figuur 7 toont een voorbeeld van de resultaten van metingen uitgevoerd met waterpeildataloggers in een peilput uitgerust met 3 peilbuizen met filterstellingen op verschillende diepte. In omstandigheden waarbij het grondwaterpeil onder invloed kan staan van getijden (zoals bv. VB-S4-28 m in Figuur 7), of waarbij een impact van een variatie in de grondwaterstand cruciaal is, is het uitvoeren van continue metingen met waterpeildataloggers te verkiezen. Let op het bereik en de installatiediepte van de waterpeildatalogger. De waterkolom boven de datalogger mag niet hoger zijn dan het meetbereik van het apparaat. De installatiediepte moet natuurlijk ook rekening houden met de maximale grondwaterverlaging, zodat de datalogger niet droog komt te hangen.

Indien de metingen automatisch uitgevoerd worden, worden steeds manuele controlemetingen uitgevoerd (minimaal bij het installeren van de waterpeildataloggers en bij het uitbouwen). Let bovendien op de atmosferische compensatie. Luchtdrukschommelingen kunnen makkelijk 50 à 70 cm bedragen. Voor kleine veranderingen zijn deze luchtdrukschommelingen moeilijk om te onderscheiden van schommelingen van de grondwaterstand. Bepaalde type dataloggers voeren automatisch een luchtdrukcompensatie uit.



Figuur 7: Voorbeeld van elektronische metingen met online-beschikbare data (project AGT nv).

Elektronische waterpeildataloggers kunnen als volgt worden uitgelezen:

- Interne opslag, alleen toegankelijk na uitbouwen van het toestel. Beschikbaarheid data is dus discontinu en wordt na de feiten uitgelezen (offline midden in Figuur 6);
- Interne opslag, coaxverbinding tot aan het maaiveld: kan in situ uitgelezen worden aan het maaiveld. Beschikbaarheid data is dus discontinu en na de feiten;
- Interne opslag waarvan de meetdata via een interne simkaart online toegankelijk worden gemaakt. De data zijn dan onmiddellijk toegankelijk. Het grote voordeel is uiteraard dat er onmiddellijk over belangrijke effecten informatie is, op het moment dat een grondwaterverandering zich voordoet. Bovendien kunnen alarmen worden ingesteld, zodat gebruikers een melding krijgen indien een bepaald drempelpeil bereikt wordt. Verschillende belanghebbenden kunnen tegelijk toegang krijgen tot de data. Deze toestellen zijn inmiddels goed ingeburgerd, en bieden een grote meerwaarde. Het verdient aanbeveling elke kritische meting met een dergelijke online toegankelijke datalogger uit te voeren.

Alle metingen moeten worden opgemeten ten opzichte van een duidelijk referentiepeil. Het is aangewezen zowel het maaiveld als de top van de peilbuis op te meten in het TAW referentiestelsel.

2.5 Meting van de grondwaterkwaliteit

De kwaliteit van het grondwater kan tijdens de studiefase onderzocht worden via een staalname en -analyse van het grondwater uit een peilbuis die ter hoogte van de te bemalen zone staat. De resultaten kunnen tevens een indicatie geven over de verwachte kwaliteit van het uiteindelijke bemalingswater. Op deze manier kan reeds tijdens de studiefase ingeschat worden of een vergunning voor de lozing van het bemalingswater noodzakelijk zal zijn (zie [bijlage 6.8](#)), of dat het toetsingskader voor het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater kan gehaald worden.

In kader van bodemonderzoeken, bv. een decretaal bodemonderzoek zoals een oriënterend bodemonderzoek, zullen staalnames en analyses van grondwater uit peilbuizen steeds gebeuren conform het compendium voor monsterneming en analyses van afvalstoffen en bodem¹⁴ (CMA). Alhoewel deze resultaten informatie kunnen geven over potentiële verontreinigingen, zijn ze niet representatief voor de verwachte kwaliteit van het bemalingswater omdat de wijze van staalname gericht is op het heel lokaal achterhalen van de grondwatersamenstelling.

Men kan tijdens de studiefase een correcte inschatting bekomen van de te verwachten kwaliteit van het bemalingswater als men de staalname en -analyse van het grondwater uit een peilbuis uitvoert conform het Water Analyse Compendium¹⁵ (WAC). Meer bepaald moeten de bepalingen uit 'WAC/I/A/007 Monsternamen van bemalingswater' (actuele versie op datum van staalname te volgen) gevolgd worden. Op de website van de Vlaamse overheid kan een overzichtslijst gedownload worden waarin staat aangegeven welke laboratoria VLAREL-erkend zijn om grondwater uit peilbuizen te bemonsteren en te analyseren conform WAC¹⁶.

Om een staalname en -analyse uit te voeren van het grondwater uit een peilbuis conform het WAC/I/A/007 moet de peilbuis voldoen aan de bepalingen van een representatieve peilbuis (versie 05/2025, steeds checken of dit nog de meest actuele versie is):

- *De peilbuis moet een filterstelling hebben op vergelijkbare diepte als waar het bemalingswater zal onttrokken worden;*
- *De peilbuis mag maximum 20 m van de geplande bemalingsinstallatie gelegen zijn;*
- *De eigenschappen van de peilbuis, zoals de aanzetdiepte, de lengte van het filterelement en de putdiameter moeten gekend zijn;*
- *De toestroming moet voldoende zijn (minimaal 5x het putvolume moet binnen het uur ververs kunnen worden), en bovendien moet de binnendiameter van de peilbuis het mogelijk maken om een pompsysteem van 50 mm diameter te kunnen toepassen¹⁷.*

Indien er sprake is van potentieel verontreinigd bemalingswater, dan moet het bemalingswater verplicht bemonsterd en geanalyseerd worden na de aanleg en het schoonpompen van de bemalingsfilters of onttrekkingspunten¹⁸ (zie [bijlage 6.16](#) over monitoring). Deze verplichting geldt niet indien er maximaal drie jaar voor de start van de aanleg van de bemaling een staalname en -analyse werd uitgevoerd op het grondwater uit een representatieve peilbuis, conform de bepalingen uit 'WAC/I/A/007 Monsternamen van bemalingswater'. Ook indien tijdens een voorafgaandelijke proefbemaling een staalname- en analyse van het bemalingswater werd uitgevoerd, kan een afwijking op deze verplichting worden aangevraagd via een bijstelling van de sectorale voorwaarden bij de vergunningsaanvraag/melding.

Er geldt dus geen verplichting tot het uitvoeren van staalnames en -analyses van het grondwater uit

¹⁴ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/bodem-en-afvalstoffen-ovam/compendium-cma>

¹⁵ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/compendium-wac>

¹⁶ <https://www.vlaanderen.be/erkenning-als-laboratorium-voor-water-of-lucht>

¹⁷ Een monsternamen en analyse van grondwater uit peilbuizen met een diameter van 32 mm wordt niet als 'representatief' beschouwd. De analyseresultaten kunnen echter wel gebruikt worden om een inschatting te krijgen van de te verwachten kwaliteit van het bemalingswater. Gezien de hogere installatiekosten van peilbuizen met grote diameter, de grotere boortorens en de beperkte ruimte op sites, zullen vaak enkel peilbuizen met diameter 32 mm uitvoerbaar zijn.

¹⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91695&woLang=nl>

peilbuizen voorafgaand aan de opstart van een bemaling. Indien men echter een staalname en -analyse uitvoert, en men de resultaten wil gebruiken ter vervanging van de verplichte bemonstering bij opstart van de bemaling, dan moet de staalname en -analyse conform de bepalingen uit het WAC/I/A/007 en door een VLAREL-erkend labo uitgevoerd worden.

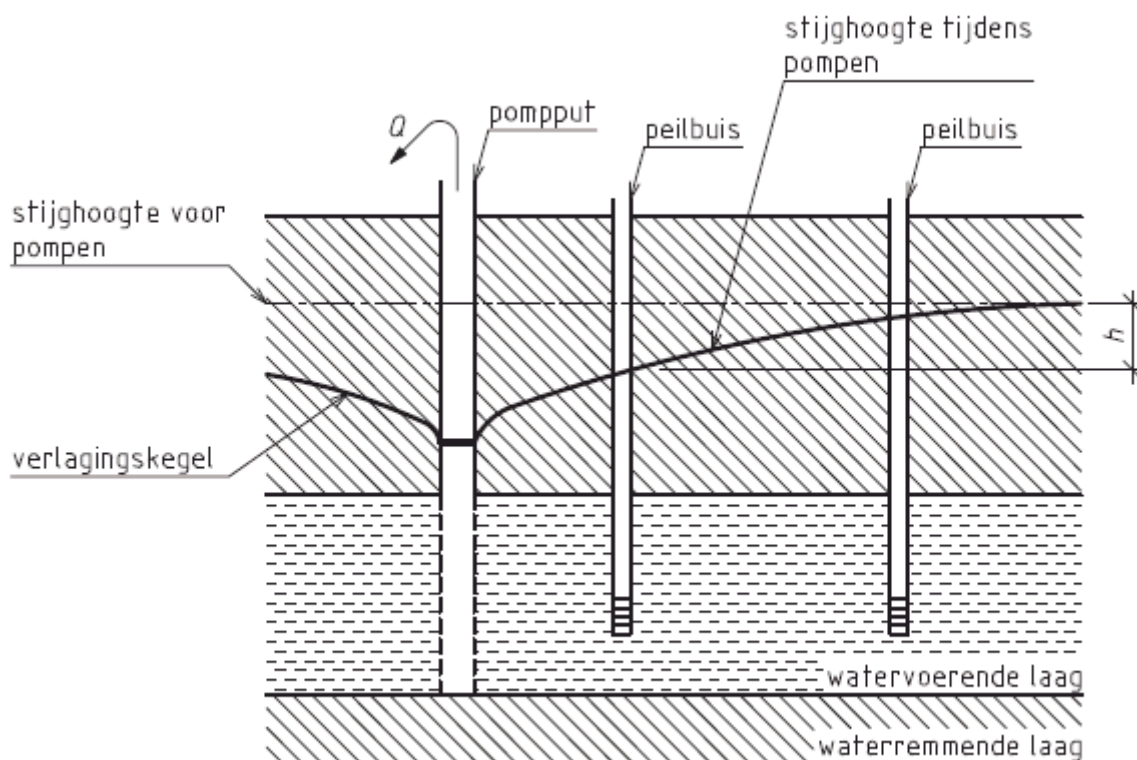
Indien het bemalingswater weer in de ondergrond zal gebracht worden, wordt wel aanbevolen de kwaliteit van het grondwater reeds te onderzoeken tijdens de studiefase. De concentraties ijzer en mangaan in het grondwater zijn belangrijke parameters om mee te nemen in het ontwerp van een retourbemaling. Meer uitleg hierover kan teruggevonden worden in [bijlage 6.9](#).

2.6 Pompproeven en proefbemalingen

2.6.1 Pompproef

Een pompproef is een tijdelijke onttrekking uit één of meer putten, al dan niet gecombineerd met terugbrenging in de ondergrond, waarbij metingen van debiet, peil, kwaliteit of zettingen worden uitgevoerd om de hydrogeologische karakteristieken van de ondergrond te bepalen (Figuur 8)¹⁹. Dergelijke pompproeven kunnen uitgevoerd worden om meer zekerheid te krijgen over parameters die gebruikt worden in een bemalingsstudie. Zo kan de parameter 'doorlatendheid' niet letterlijk afgeleid worden op basis van de beschikbare sondeerdata en boorstaten en is dit steeds een hypothese. Een pompproef kan dan meer duidelijkheid brengen.

Het uitvoeren van een voorafgaandelijke pompproef is meldingsplichtig via rubriek 53.1 of kan bij een proefbemaling, mee inbegrepen zijn in de vergunning voor de bemaling via rubriek 53.2 (zie [bijlage 6.8](#)).



¹⁹ Voor meer informatie over de uitvoering van een pompproef kunnen de technische bepalingen uit Standaardbestek 260 3.0 (SB260-32-2.9) geraadpleegd worden.

Figuur 8: Schematische opstelling mogelijke uitvoering van een pompproef (bron: NEN9997-1).

2.6.2 Proefbemaling

Een proefbemaling is een pompproef specifiek voor een bemaling. Met een proefbemaling kunnen het toekomstige pompdebiet en de filteropbrengst worden ingeschat, gebaseerd op de metingen van het debiet en het grondwaterpeil. De proef kan gecombineerd worden met kwaliteitsmetingen op het opgepompte water of zettingsmetingen. Deze gegevens kunnen vervolgens aangewend worden om de bemaling te dimensioneren en om de verlaging van de grondwaterstand in de omgeving ten gevolge van de bemaling te begroten. De proef moet steeds afgestemd worden op de lokale geologie en laat dan toe specifiek beoogde hydraulische parameters te bepalen.

Bij een proefbemaling worden enkele onttrekkingsputten geïnstalleerd, in dezelfde laag en op dezelfde diepte als de toekomstige bemaling, waarbij gedurende een bepaalde tijd water onttrokken wordt. De debieten worden frequent opgemeten. Daarnaast worden een aantal peilbuizen geplaatst op verschillende afstanden van de onttrekkingsputten, in die lagen waarin men het effect van de bemaling wenst te kennen. De grondwaterstanden in de peilbuizen worden opgemeten in rust, tijdens de uitvoering van de proefbemaling en na het stilleggen van de proefbemaling, idealiter tot het moment dat de ruststand opnieuw bereikt is.

Een proefbemaling kan gecombineerd worden met zettingsmetingen met als bijkomend doel de zettingsgevoeligheid van de omgeving te onderzoeken. Dit houdt in dat gedurende een bepaalde periode voorafgaand aan de uitgraving de bemaling geheel of gedeeltelijk wordt geïnstalleerd en opgestart, terwijl er intensief gemonitord wordt. In ieder geval moet er een verlaging gecreëerd worden die even groot is als degene die nodig is tijdens de definitieve fase en wordt de verlaging voldoende lang aangehouden om een realistische inschatting van het zettingsgevaar te kunnen uitvoeren.

Het effect wordt nauwkeurig gemonitord, zowel wat betreft het tijdsafhankelijke debiet, de verlaging van de grondwaterstand ter hoogte van en buiten de zone van de proefbemaling, als de effectief optredende zettingen ter hoogte van een aantal kritische punten (zie [bijlage 6.16](#)). Indien tijdens de proefperiode kritische waarden benaderd worden, dan wordt de proef stopgezet. De ontwerper weet dan dat hij bijkomende maatregelen moet voorzien. In het andere geval kan hij een correlatie leggen tussen de tijdsafhankelijke grondwaterstand en de gemeten zettingen. Door deze correlatie in de tijd te extrapoleren kan het effectieve zettingsrisico nauwkeuriger beoordeeld worden, om zodoende de uitvoering van eventuele dure beschermende maatregelen (bv. diepe waterremmende wanden) te voorkomen. De duurtijd van zulk een proefbemaling moet voldoende lang zijn. Zettingen doen zich immers voornamelijk voor in slappe lagen, als gevolg van een drukverlaging in die lagen. Deze slappe lagen (bv. veen en klei) zijn meestal ook slecht doorlatende lagen waardoor de drukverlaging en dus ook de zettingen er langzamer optreden.

Voor meer technische informatie over proefbemalingen wordt verwezen naar relevante vakliteratuur^[a].

2.7 Andere technieken

2.7.1 Doorlatendheidsproeven in peilbuizen

In peilbuizen kan een doorlatendheidsproef of slug/falling head test een indicatie geven van de horizontale doorlatendheid van een watervoerende laag. Bij dit type proef wordt een bepaald volume water (een *slug*) plotseling onttrokken uit of toegevoegd in de peilbuis, waarna het herstel van de grondwaterstand in de peilbuis gemeten wordt.

Bij dit type proef is een zeer kwalitatieve uitvoering van de peilput en peilbuis cruciaal. Versmering van de boorgatwand kan er immers voor zorgen dat de doorlatendheid die gemeten wordt lager is dan de werkelijke doorlatendheid. Daarom wordt de peilput best geboord worden door middel van een natte boortechniek (bv. spoel- of zuigboren) en moet de peilput goed ontwikkeld worden (schoon pompen tot ze slib- en zandvrij water produceert). De peilbuis moet voorzien worden van een correcte filterstelling, met een kleistoppen boven- en onder de filtersectie om een zo horizontaal mogelijke toestroming te bekomen.

Het voordeel van doorlatendheidsproeven is dat ze op een relatief goedkope en snelle manier toelaten om de doorlatendheid van een watervoerende laag te bepalen. Het nadeel van dit type proeven is dat ze enkel representatief zijn voor dat deel van de watervoerende laag in de onmiddellijke omgeving van de peilput. Laat het nu net deze onmiddellijke omgeving zijn die verstoord kan zijn door het boren van de peilput. Het is dan ook aanbevolen steeds doorlatendheidsproeven in meerdere peilputten uit te voeren, zodat de resultaten vergeleken kunnen worden en de eventuele ruimtelijke variatie in beeld kan gebracht worden. Tevens moeten de resultaten van doorlatendheidsproeven in peilputten steeds vergeleken worden met de beschikbare literatuur (bv. de stroomgebiedbeheerplannen²⁰).

Voor meer technische informatie over dit type proef wordt verwezen naar relevante vakliteratuur^[a].

2.7.2 Infiltratieproeven

Door middel van infiltratieproeven kan de infiltratiecapaciteit van de bodem bepaald worden. Hoe hoger de infiltratiecapaciteit, hoe beter de bodem geschikt is om bemalingswater weer in de ondergrond te brengen door middel van oppervlakkige infiltratie (zie [bijlage 6.6](#) voor meer informatie over de bemalingscascade en [bijlage 6.9](#) voor meer technische informatie over oppervlakkige infiltratie).

Er zijn verschillende technieken om infiltratieproeven uit te voeren, waarbij steeds gebruik gemaakt wordt van een ondiep boorgat of proefput. De infiltratiecapaciteit wordt gemeten door ofwel het waterpeil constant te houden (*constant head*) ofwel door te meten hoe snel het water daalt in het boorgat of de proefput (*falling head*). Voor een overzicht van de verschillende technieken wordt verwezen naar de webpagina van de VMM²¹.

Vooraleer overwogen wordt om infiltratieproeven uit te voeren in het kader van een bemalingsstudie, moet uiteraard onderzocht worden of het weer in de ondergrond brengen van het bemalingswater überhaupt mogelijk is. Zo kan het zijn dat er geen ruimte beschikbaar is rondom een bouw- of infrastructuurproject. Anderzijds kan er bij kleigronden uiteraard niet aan oppervlakkige infiltratie gedaan worden. Ook bij hoge grondwaterstanden is het uitvoeren van oppervlakkige infiltratie niet zinvol.

Het grootste nadeel aan infiltratieproeven is dat ze zeer lokale informatie geven, en enkel voor de diepte waarop de proef wordt uitgevoerd. Daarom kunnen de resultaten van infiltratieproeven enkel als betrouwbaar beschouwd worden indien meerdere proeven gelijkaardige resultaten geven. Bovendien moet de uitvoeringsdiepte afgestemd worden op de diepte van de infiltratievoorziening. Indien een infiltratiebekken wordt uitgegraven tot 1 m-mv, dan zijn infiltratiemetingen aan het maaiveld niet representatief.

²⁰ <https://www.integraalwaterbeleid.be/nl/stroomgebiedbeheerplannen>

²¹ <https://vmm.vlaanderen.be/beleid/waterbeleid/grondwater/infiltratieproeven>

3 Richtlijnen voor de bepaling van minimaal grondonderzoek

Voor elk bemalingsproject dient de ontwerper een beeld te krijgen van de lokale grondopbouw en de grondwaterstand. Deze randvoorwaarden bepalen immers in grote mate het ontwerp van een bemaling. De lokale grondopbouw en grondwaterstand kunnen afgeleid worden op basis van grondonderzoek dat op de projectlocatie zelf wordt uitgevoerd.

Het aantal en de aard van de proeven kan door de ontwerper (het studiebureau of een andere instantie met de nodige ervaring/kennis) bepaald worden in functie van de categorie van het werk. Deze categorieën houden rekening met de impact en het risico van de bemaling en worden toegelicht in paragraaf 3.1. In elk geval zal een minimaal grondonderzoek worden voorzien van 3 elektrische sonderingen en het plaatsen en opmeten van 1 peilbuis per watervoerende laag waarin bemaald zal worden (dit stemt overeen met het vereiste grondonderzoek voor categorie 0).

Indien op de betreffende percelen of in de korte nabijheid al kwalitatief grondonderzoek werd uitgevoerd en beschikbaar is, bv. via DOV of in kader van een naburig bouwproject, dan kan dit grondonderzoek in overweging genomen worden om invulling te geven aan het minimaal grondonderzoek. Indien de ontwerper zich baseert op eerder uitgevoerd grondonderzoek of grondonderzoek beschikbaar via DOV, dient men zich er steeds van te vergewissen dat dit grondonderzoek voldoet aan de uitvoeringsrichtlijnen hierboven in paragraaf 2 beschreven.

Artikel 5.53.6.1.2. §4 van VLAREM II legt verplichtingen op omtrent het minimaal aantal peilputten per bemaling. Deze verplichtingen gelden echter voor de uitvoeringsfase van de bemaling. Het kan aangewezen zijn het aantal peilbuizen dat geplaatst wordt tijdens de studiefase, af te stemmen op de verplichtingen uit deze sectorale voorwaarde²². Het is evenwel niet altijd mogelijk om de peilbuizen uit de studiefase te behouden tijdens uitvoering, aangezien de definitieve werfindeling tijdens de studiefase vaak nog niet gekend is. Bovendien is de kostprijs van het plaatsen van een nieuwe peilbuis kleiner als de bemaler reeds op de werf is voor het plaatsen van de bemalingsinstallatie.

3.1 Bepaling van de categorie

Er worden aan de bemaling verschillende scores toegekend volgens de grondlagenopbouw, de bemaalbaarheid, de bemalingsdiepte, de aanwezigheid van constructies in de nabijheid en de bemalingsduur (Figuur 9). De som van deze punten bepaalt de categorie waarin de bemaling ressorteert:

- Grondlagenopbouw: Het risico wordt bepaald op basis van de aanwezigheid (of het vermoeden van de aanwezigheid) van veen, slappe klei en gespannen of semi-gespannen watervoerende lagen.
- Bemaalbaarheid van de ondergrond: hoge/lage doorlatendheid of afwisseling tussen beiden.
- Benodigde grondwaterverlaging: aantal meter grondwaterverlaging ten opzichte van de grondwaterstand in rust, meestal aangeduid met s. Indien de grondwaterstand in rust nog niet gekend is, wordt die gelijkgesteld met het maaiveld.
- Risico op schade aan constructies.
- Bemalingsduur.

²² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

De waarde van de factoren kan zowel verhoogd als verlaagd worden met de juiste verantwoording, bv. (niet limitatief):

- bij sterk heterogene gronden is het aangewezen om verhoogde waarden toe te kennen;
- een hoge doorlatendheid van de ondergrond is positief naar bemaalbaarheid toe maar negatief naar debiet en invloedzone van de bemaling toe en kan daardoor eerder een hogere score krijgen;
- indien het vooraf vaststaat dat een waterremmend scherm voorzien zal worden, mogen de waarden van de factoren verlaagd worden, rekening houdend met de effectiviteit van deze maatregel.

Grondlagenopbouw:

risico van aanwezigheid van veen, slappe klei, aanvullingen, gespannen of semi-gespannen watervoerende lagen

Geen van deze factoren aanwezig	0
Aanwezigheid (of vermoeden) van slappe klei OF aanvullingen	1
Aanwezigheid (of vermoeden) van slappe klei EN aanvullingen	2
Aanwezigheid (of vermoeden) van (semi) gespannen aquifers	3
Aanwezigheid (of vermoeden) van veen	4

Bemaalbaarheid:

Watervoerende laag met hoge doorlatendheid	1
Watervoerende laag met lage doorlatendheid	2
Afwisseling van watervoerende laag met lage en hoge doorlatendheid	3

Opmerking: de transmissiviteit is bepalend voor de hoeveelheid water die kan afgevoerd worden en is het product van de doorlatendheid van een laag en de dikte van de laag

Grondwaterverlaging ten opzichte van grondwaterstand in rust:

Grondwaterverlaging ten opzichte van grondwaterstand in rust < 3 m	1
Grondwaterverlaging ten opzichte van grondwaterstand in rust 3 à 6 m	2
Grondwaterverlaging ten opzichte van grondwaterstand in rust > 6 m	3

Risico op schade aan constructies:

Geen constructies binnen een afstand van 750 m	0
Constructies binnen een afstand van 50 à 750 m	1
Constructies binnen een afstand van 20 à 50 m	2
Constructies binnen een afstand < 20 m	3

Opmerking: in functie van het type constructie, funderingswijze, leeftijd van het gebouw ... kan een hogere of lagere waarde gehanteerd worden

Duurtijd van de bemaling:

Maximaal 30 dagen	1
30 dagen tot 6 maanden	2
Langer dan 6 maanden	3

CATEGORIE:

Categorie 0: 0 tot 5 punten
Categorie 1: 6 tot 9 punten
Categorie 2: 10 tot 12 punten
Categorie 3: 13 tot 16 punten

Figuur 9: Bepaling van de categorie waaronder de bemaling ressorteert.

3.2 Minimum grondonderzoek per categorie

Afhankelijk van de categorie van de bemaling wordt aanbevolen tijdens studiefase een minimaal grondonderzoek uit te voeren zoals weergegeven in Tabel 2. In elk geval worden minimaal 3 bij voorkeur elektrische sonderingen en 1 peilbuis per relevante watervoerende laag aanbevolen. Dit stemt overeen met de minimale eisen van categorie 0 en ook met de wettelijke verplichting om minimaal één peilput te voorzien bij de uitvoering van de bemaling²³. Het vereist grondonderzoek van een bepaalde categorie kan nooit minder zijn dan wat vereist is voor een lagere categorie.

Tabel 2: Overzicht aanbevolen minimaal grondonderzoek tijdens studiefase per categorie van werk.

Categorie van het werk	Te bemalen oppervlakte	Aanbevolen minimaal grondonderzoek		
		Sonderingen (bij voorkeur elektrische)	Peilbuizen (per relevante watervoerende laag)	Boring (kan gecombineerd worden met de peilbuis)
Categorie 0	Lineaire bemaling	3	1 per 400 m	
	Omtrekbemaling	3	1 per 150 m omtrek	
Categorie 1	Lineaire bemaling	1 per 100 m	1 per 400 m	1 per 200 m
	Omtrekbemaling	1 per 500 m ²	1 per 150 m omtrek	
Categorieën 2 en 3	Te bepalen door de ontwerper, minimaal het aantal van categorie 1			1

Bij de bemaling van lijntrajecten is het aanbevolen om in een aantal situaties de opgegeven waarden te verfijnen. Enkele voorbeelden:

- Indien verschillende naast elkaar gelegen sonderingen of boringen geen homogeen beeld geven over de gelaagdheid/grondopbouw, dan is een verdere verfijning van de sonderingen of boringen tot tussenafstanden van 50 m aangewezen;
- Indien er een aanwijzing is van zettingsgevoelige en waterzieke gronden (bv. het lijntraject loopt doorheen een oude meander van een waterloop);
- Indien waterremmende wanden geplaatst worden met aanzet in een waterremmende laag (bv. een kleilaag), dan moeten de sonderingen uitgevoerd worden tot minimaal 2 m in deze laag.

De verfijning wordt dan bepaald door de ontwerper (bv. verfijnen tot 1 sondering per 50 m). Voor een volledig overzicht van situaties waarbij verfijning noodzakelijk is, wordt verwezen naar de Richtlijn GeoTechnisch Onderzoek van Aquafin, versie 2021 (paragraaf 2.5 in dit document).

Er geldt geen verplichting tot het uitvoeren van staalnames en -analyses van het grondwater uit peilbuizen in de fase van het voorafgaand onderzoek, wel ten laatste bij de opstart van een bemaling indien er sprake is van potentieel verontreinigd bemalingswater (zie paragraaf 2.5 en [bijlage 6.16](#)).

²³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

3.3 Evaluatie van het beschikbaar grondonderzoek

De resultaten van het grondonderzoek worden door de ontwerper geëvalueerd, samen met de resultaten van de gegevensverzameling en omgevingsscreening. Indien belangrijke verschillen tussen de resultaten van het grondonderzoek en deze van het vooronderzoek worden vastgesteld en de ontwerper het nodig acht, wordt het grondonderzoek uitgebreid. Dit kan door middel van extra sonderingen, peilbuizen, boringen, metingen van grondwaterstand of grondwaterkwaliteit of met bijkomende proeven zoals een pompproef of een proefbemaling.

Uitzonderlijk kan bijkomend onderzoek in het bestek opgenomen worden, bv. indien deze omwille van ontoegankelijkheid niet in het basisonderzoek kon worden opgenomen of ter bevestiging of controle van de basishypothesen van het ontwerp. Het type proeven, het aantal, de locatie en de diepte worden in dat geval in het bestek aangegeven. De ontwerper zal na uitvoering van dit bijkomend grondonderzoek het ontwerp evalueren en zo nodig bijsturen.

4 Referentielijst

- [a] Kruseman G.P., de Ridder N.A., 2000. Analysis and Evaluation of Pumping Test Data, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 377 pp.

Checklist 2: Milieutechnische en geotechnische randvoorwaarden

1 Milieutechnische randvoorwaarden

Te onderzoeken randvoorwaarden	Toepassingsgebied
Te verwachten grondwaterverlaging in de omgeving, te verwachten invloedszone	Bij alle ingedeelde bemalingen
Maximaal toegestane en te verwachte grondwaterverlaging ter hoogte van een aandachtsgebied voor bemalingen ¹	Bij een ingedeelde bemaling waarvan de invloedsstraal reikt tot in het bewuste gebied
Invloed op bestaande freatische winningen	
Te verwachten zettingen en maximale toelaatbare zettingen ²	Bij alle ingedeelde bemalingen
Te verwachten debieten en maximaal toelaatbaar debiet ³	Bij alle bemalingen
Volgen van de bemalingscascade voor de bestemming van het bemalingswater ⁴	Bij alle bemalingen
Lozingsvoorwaarden ⁵	Bij alle bemalingen
Mogelijk verontreinigd bemalingswater en/of aantrekking of verplaatsing van verontreinigingen ⁶	Bij alle ingedeelde bemalingen

2 Geotechnische randvoorwaarden

Te onderzoeken randvoorwaarden	Toepassingsgebied
Hydraulische weerstand van waterremmende wanden, welke waarde wordt bij welke diepte gegarandeerd?	Bij bemaling binnen waterremmende wanden
Toelaatbare differentiële grondwaterstanden (opstuwning stroomopwaarts, daling stroomafwaarts)	Bij uitvoering van een project met waterremmende wanden aangezet tot in een aquitard
Waterdruk bij wandverankeringen: waterdruk buiten de wand, uitvoerbaarheid ankers onder waterdruk ...	Bij uitvoering van een project met waterremmende wanden
Waterdruk in dieper gelegen watervoerende lagen	Bij uitvoering van funderingspalen of andere diepere uitgravingen vanuit een voorafgraving of bij aanwezigheid van gespannen/artesische lagen
Impact van waterdrukveranderingen (tijdelijk of permanent)	Bij bemaling/retourbemaling in de buurt van bestaande ondergrondse constructies (zoals tunnelkokers ...)
Stabiliteit van taluds of steilrand (abrupt hoogteverschil)	Bij bemaling in zandige of niet-cohesieve gronden Bij het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater in de buurt van talud/steilrand
Beluchting van eventuele aanwezige houten funderingen	Bij een bemaling waarvan de invloedsstraal reikt tot aan een constructie met houten funderingen

¹ In [bijlage 6.5](#) wordt een overzicht gegeven van aandachtsgebieden met een summiere omschrijving van de doelstelling van deze gebieden, de regelgeving en hoe/waar ze kunnen geraadpleegd worden.

² Zettingen worden uitgebreid besproken in [bijlage 6.13](#).

³ Het maximaal toelaatbare pompdebiet wordt vastgelegd in de klasse van de omgevingsvergunning. De klasse is afhankelijk van de ligging van de bemaling, de verlagingdiepte ten opzichte van het maaiveld, de bemalingsduur, het te verwachten debiet en de mogelijke impact op een SBZ of beschermde duingebieden.

⁴ De bemalingscascade wordt besproken in [bijlage 6.6](#).

⁵ Lozingsvoorwaarden worden besproken in [bijlage 6.6](#) en [bijlage 6.8](#).

⁶ OVAM Geoloketten: <https://services.ovam.be/ovam-geoloketten/#/>

⁷ Hydraulische weerstand van wanden wordt toegelicht in [bijlage 6.18](#).

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.5 – Aandachtsgebieden voor bemalingen

In deze bijlage wordt een overzicht gegeven van verschillende aandachtsgebieden¹ waarbij rekening dient gehouden te worden bij het opstellen van een bemalingsconcept. Voor elk gebied wordt de specifieke doelstelling uitgelegd en worden de randvoorwaarden met betrekking tot het verlagen van de grondwaterstand overlopen. Ook wordt voor elk gebied vermeld waar de relevante informatie kan geraadpleegd worden.

Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden in dit document opgenomen in de voetnoten.

Inhoudsopgave

1	Beschermde duingebieden	4
1.1	Doelstelling	4
1.2	Regelgeving	4
1.3	Raadplegen	4
2	Speciale beschermingszones (Natura 2000): Habitat- en Vogelrichtlijngebieden	4
2.1	Doelstelling	4
2.2	Regelgeving	5
2.3	Raadplegen	6
3	VEN- en IVON-gebieden	6
3.1	Doelstelling	6
3.2	Regelgeving	7
3.3	Raadplegen	8
4	Grondwaterwingebieden en beschermingszones	8
4.1	Doelstelling	8
4.2	Regelgeving	8
4.3	Raadplegen	9
5	Cultuurhistorisch landschap, stads- of dorpsgezicht, monument of archeologische zone	9
5.1	Doelstelling	9
5.2	Regelgeving	9
5.3	Raadplegen	9
6	Erfgoedlandschap	10

¹ In de vorige versies van de richtlijnen bemalingen werd de term ‘bijzonder beschermde gebieden’ gehanteerd. Aangezien die term ook gebruikt wordt in het MER-besluit (2004), maar de inhoud van de term in de richtlijnen en het MER-besluit afweek van elkaar, werd gekozen voor de nieuwe term ‘aandachtsgebieden voor bemalingen’.

6.1	Doelstelling	10
6.2	Regelgeving	10
6.3	Raadplegen	10
7	Verziltingskaart	10
7.1	Doelstelling	10
7.2	Regelgeving	10
7.3	Raadplegen	11
8	Biologische waarderingskaart en ecotoopkwetsbaarheidkaart voor verdroging	11
8.1	Doelstelling	11
8.2	Regelgeving	11
8.3	Raadplegen	11
9	Lokale waardevolle bomen	12
9.1	Doelstelling	12
9.2	Regelgeving	13
9.3	Raadplegen	13

1 Beschermde duingebieden

1.1 Doelstelling

Beschermde duingebieden zijn gebieden die werden afgelijnd in kader van het Duinendecreet van 14 juli 1993 (bekrachtigd bij de decreten van 1994, 1995 en 2008) ter bescherming van natuurlijke duincomplexen. Deze gebieden bevinden zich enkel langs de Belgische kustlijn.

1.2 Regelgeving en implicaties

De aanwezigheid van beschermde duingebieden heeft belangrijke implicaties. In beschermde duingebieden geldt er een bouwverbod, ongeacht de planbestemming van de zones. Het bouwverbod heeft betrekking op alle werken waarvoor een stedenbouwkundige vergunning vereist is.

Indien een bemaling met een bruto-debiet van meer dan 1.000 m³/dag uitgevoerd moet worden in een beschermd duingebied, of indien deze bemaling een aanzienlijke invloed kan hebben op een beschermd duingebied, moet een omgevingsvergunning klasse 1 worden aangevraagd (rubriek 53.11.2°²). Opgelet, er is dan een dubbele rubricering van toepassing aangezien rubriek 53.2 ook moet worden aangevraagd. Een duidelijk overzicht van de verschillende klasse-indelingen wordt weergegeven in het stroomschema toegevoegd in [bijlage 6.7](#).

Indien een bemaling een tijdelijke grondwaterverlaging zal veroorzaken in een beschermd duingebied, of indien de bemaling plaatsvindt in een beschermd duingebied, dan is er in principe geen verplichting tot het uitvoeren van een impactstudie zoals een passende beoordeling of een verscherpte natuurtoets. In dit geval wordt echter wel aanbevolen de impact te bestuderen door middel van een algemene natuurtoets.

Merk op dat er in de omschrijving van rubriek 53.11.2° gesproken wordt over een activiteit die een aanzienlijke invloed 'kan' hebben op een beschermd duingebied. In praktijk wil dit zeggen dat indien er een beschermd duingebied binnen de berekende invloedsstraal ligt, en het bruto-debiet 1.000 m³/dag of meer bedraagt, er voor deze bemaling steeds een klasse 1 omgevingsvergunning moet worden aangevraagd via rubriek 53.11.2°, ook al blijkt uit een algemene natuurtoets dat de grondwaterverlaging geen aanzienlijke invloed heeft.

1.3 Raadplegen

Een overzicht van beschermde gebieden van het duinendecreet kan online geraadpleegd worden via DOV³ of via Geopunt⁴.

2 Speciale beschermingszones (Natura 2000): Habitat- en Vogelrichtlijngebieden

2.1 Doelstelling

Speciale beschermingszones (SBZ) zijn zones die door EU-lidstaten werden aangewezen ter uitvoering van de Vogelrichtlijn of Habitatrichtlijn (Vogel- en Habitatrichtlijngebieden). Deze speciale beschermingszones vormen samen het Europese Natura 2000-netwerk (SBZ of Speciale

² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70335&woLang=nl>

³ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bemalingen>

⁴ <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/beschermde-gebieden-duinendecreet>

Beschermingszone is de officiële naam voor een Natura 2000-gebied). Op Europees niveau werden afspraken gemaakt om in deze gebieden bijkomende kansen te geven aan soorten en habitats die van levensbelang zijn voor de Europese biodiversiteit.

2.2 Regelgeving en implicaties

In speciale beschermingszones zijn stimulerende maatregelen van kracht (decreet betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu, artikel 36ter⁵; dd. 21/10/1997). Activiteiten die plaatsvinden binnen of buiten een SBZ mogen de realisatie van de specifieke doelstellingen voor dat gebied niet onmogelijk maken. Een vergunning mag enkel verleend worden als de te vergunnen activiteit geen betekenisvolle aantasting van de natuurlijke kenmerken van de betrokken speciale beschermingszone kan veroorzaken. Onder betekenisvolle aantasting van de natuurlijke kenmerken van een speciale beschermingszone wordt verstaan: een aantasting die meetbare en aantoonbare gevolgen heeft voor de natuurlijke kenmerken van een speciale beschermingszone, in de mate er meetbare en aantoonbare gevolgen zijn voor de staat van instandhouding van de soort(en) of de habitat(s) waarvoor de betreffende speciale beschermingszone is aangewezen of voor de staat van instandhouding van de soort(en) vermeld in bijlage III van het Natuurdecreet voor zover voorkomend in de betreffende speciale beschermingszone.

De aanwezigheid van speciale beschermingszones binnen de invloedszone van de bemaling heeft belangrijke implicaties. Indien een bemaling een aanzienlijke invloed kan hebben op een speciale beschermingszone, en er een bruto-debiet van 1.000 m³/dag of meer wordt onttrokken, moet een bijkomende klasse 1 rubriek worden aangevraagd (rubriek 53.11.2°⁶) in de omgevingsvergunning. Opgelet, er is dan een dubbele rubricering van toepassing aangezien rubriek 53.2 ook moet worden aangevraagd. Een duidelijk overzicht van de verschillende klasse-indelingen wordt weergegeven in het stroomschema toegevoegd in [bijlage 6.7](#).

Bij een vergunningsaanvraag voor een activiteit kan een voortoets worden uitgevoerd. Tijdens de voortoets wordt nagegaan of er een risico bestaat op een betekenisvolle aantasting van de natuurlijke kenmerken van een SBZ. Indien dergelijk risico bestaat is een passende beoordeling noodzakelijk. Door het Agentschap voor Natuur en Bos (ANB) werd een online-instrument opgesteld waarmee initiatiefnemers op voorhand kunnen inschatten wat de mogelijke implicaties zijn van bepaalde vergunningsplichtige activiteiten op een habitatrichtlijngebied⁷. Er wordt een analytische berekening uitgevoerd van de te verwachten invloedsstraal. Deze berekening is gebaseerd op een achterliggende databank met gegevens over o.a. de doorlatendheid van de ondergrond en hydrogeologische opbouw van de Vlaamse ondergrond. Indien een bemalingsstudie wordt opgesteld, waarin de invloedsstraal berekend wordt op basis van lokaal grondonderzoek, dan levert dit een nauwkeurigere inschatting op dan de berekening via de voortoets, en dan kan het resultaat van deze bemalingsstudie gebruikt worden om na te gaan of er een betekenisvolle aantasting kan optreden.

Reikt de berekende invloedsstraal van een bemaling tot in een habitat- of vogelrichtlijngebied, dan is een passende beoordeling vereist wat betreft de betekenisvolle effecten voor de speciale beschermingszone. Een passende beoordeling is een schriftelijk verslag dat gemotiveerde argumenten

⁵ https://emis.vito.be/nl/actuele_wetgeving/decreet-betreffende-het-natuurbehoud-en-het-natuurlijk-milieu

⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70335&woLang=nl>

⁷ <https://voortoets.omgeving.vlaanderen.be/> Deze online voortoets opgesteld door ANB houdt voorlopig enkel rekening met habitatrichtlijngebieden. Ook wanneer er binnen de berekende invloedsstraal van een bemaling een vogelrichtlijngebied gelegen is, moet een passende beoordeling worden uitgevoerd.

aanlevert waarom de instandhoudingsdoelstellingen van een SBZ al dan niet kunnen worden aangetast door een geplande activiteit. Indien de activiteit een betekenisvolle aantasting zou kunnen veroorzaken kan er geen vergunning verleend worden. In de passende beoordeling kunnen voorwaarden worden opgenomen om te voorkomen dat er een betekenisvolle aantasting kan ontstaan. Een passende beoordeling wordt uitgevoerd op basis van de resultaten van een bemalingsstudie.

Ook wanneer bemalingswater wordt geretourneerd of geïnfiltreerd in een speciale beschermingszone, is de opmaak van een passende beoordeling noodzakelijk.

Conform de huidige Vlaamse regelgeving moet er voor een klasse 3 activiteit geen passende beoordeling worden uitgevoerd, omdat klasse 3 activiteiten niet vergunningsplichtig zijn. De resultaten van de online voortoets en/of passende beoordeling kunnen in die gevallen wel op vrijwillige basis aan het dossier toegevoegd worden. Bij een niet-ingedeelde bemaling moet geen passende beoordeling worden uitgevoerd.

Merk op dat er in de omschrijving van rubriek 53.11.2° gesproken wordt over een activiteit die een betekenisvolle impact 'kan' veroorzaken. In praktijk wil dit zeggen dat indien er een speciale beschermingszone binnen de berekende invloedsstraal ligt, en het bruto-debiet 1.000 m³/dag of meer bedraagt, er voor deze bemaling steeds ook rubriek 53.11.2° moet worden aangevraagd (opgelet: dubbele rubricering), ook al blijkt uit een passende beoordeling dat de grondwaterverlaging geen betekenisvolle impact veroorzaakt.

2.3 Raadplegen

Speciale beschermingszones zijn online raadpleegbaar via DOV⁸ of via Geopunt (kaartlagen 'Habitatrichtlijngebieden'⁹ en 'Vogelrichtlijngebieden'¹⁰).

Handleidingen voor het opstellen van een voortoets / passende beoordeling kan men vinden op <https://natura2000.vlaanderen.be/voortoets-passende-beoordeling>. Praktische wegwijzers per effectgroep vindt men op <https://pww.natuurenbos.be/>. De online tool van de voortoets kan geraadpleegd worden via <https://voortoets.omgeving.vlaanderen.be/>.

3 VEN- en IVON-gebieden

3.1 Doelstelling

De natuurlijke structuur in Vlaanderen bestaat uit het Vlaams Ecologisch Netwerk (VEN) en het Integraal Verwervings- en Ondersteunend Netwerk (IVON).

VEN-gebied:

Het VEN vormt hierbij de kern en bestaat uit Grote Eenheden Natuur (GEN) en Grote Eenheden Natuur in Ontwikkeling (GENO). Deze eenheden zijn gebieden waar de Vlaamse overheid natuurbehoud en natuurontwikkeling op de eerste plaats zet om zo een representatief staal van de Vlaamse natuur duurzaam in stand te kunnen houden.

IVON-gebied:

⁸ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bemalingen>

⁹ <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/habitatrichtlijngebieden>

¹⁰ <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/vogelrichtlijngebieden>

Het IVON bestaat uit Natuurverwervingsgebieden (NVWG) en Natuurverbindingsgebieden (NVBG). De natuurverwervingsgebieden hebben als taak natuurkernen (GEN en GENO gebieden) te bufferen en te versterken. De natuurverbindingsgebieden verbinden de verschillende natuurkernen. In IVON gebieden worden bijkomende kansen gegeven aan planten en dieren maar mogen andere functies hierdoor niet in het gedrang komen (bv. landbouw in overstromingsgebieden en recreatiemogelijkheden in bossen).

3.2 Regelgeving en implicaties

Bemaling langs VEN-gebied:

Voor bemalingen die langs een VEN-gebied worden uitgevoerd, en waarvoor de invloedsstraal reikt tot in het VEN-gebied, moet een verscherpte natuurtoets¹¹ worden uitgevoerd. Hierin wordt onderzocht of de bemaling een onvermijdbare én onherstelbare schade kan aanrichten aan de natuur in het VEN-gebied. Er geldt hierbij geen schadedrempel: elke schade die onvermijdbaar én onherstelbaar is, zal leiden tot een weigering. Deze beoordeling moet gebeuren conform de bepalingen van het VEN-besluit van 10 januari 2024. Een verscherpte natuurtoets wordt uitgevoerd op basis van de resultaten van een bemalingsstudie.

Bemaling in VEN-gebied:

Elk VEN-gebied geniet een basisbescherming die erop gericht is om de bestaande natuurwaarden te behouden (Decreet betreffende het natuurbehoud en het natuurlijk milieu artikel 25 ¹²; dd. 21/10/1997). Zo wordt getracht de bestaande waterhuishouding te behouden, wat er op neerkomt dat werkzaamheden in VEN-gebied die rechtstreeks of onrechtstreeks de grondwaterstand verlagen, alsook maatregelen die de bestaande ont- en afwatering versterken (zoals het aanleggen van drainages) verboden zijn.

Er bestaan mogelijkheden om af te wijken van dit verbod maar hiertoe moet een individuele VEN-ontheffing¹³ aangevraagd worden bij het Agentschap voor Natuur en Bos voor specifieke activiteiten waarbij via een verscherpte natuurtoets aangetoond wordt dat de activiteit geen onvermijdbare en onherstelbare schade aan de natuur in het VEN kan veroorzaken. Het aanvragen van een ontheffing is enkel noodzakelijk voor bemalingen die in VEN-gebied worden uitgevoerd. Deze VEN-ontheffing kan geïncorporeerd worden in de omgevingsvergunningsaanvraag en wordt dan behandeld via het advies van ANB.

Ook wanneer bemalingswater wordt geretourneerd of geïnfiltreerd in een VEN-gebied, zijn een VEN-ontheffing en een verscherpte natuurtoets noodzakelijk.

Bemaling in of langs IVON-gebied:

In IVON-gebieden zijn enkel stimulerende maatregelen van kracht (buiten de algemeen geldende bepalingen zoals de natuurvergunning).

¹¹ <https://natuurenbos.vlaanderen.be/natuur-wijzigen/beschermde-gebieden-ven-ivon>

¹² https://emis.vito.be/nl/actuele_wetgeving/decreet-betreffende-het-natuurbehoud-en-het-natuurlijk-milieu

¹³ Aanvraagformulier individuele VEN-ontheffing:
https://natuurenbos.vlaanderen.be/sites/default/files/documenten/31012024_anb25_aanvraagvaneenindividueleonthefingvoorverbodenactiviteiteninhetven.docx

3.3 Raadplegen

De locatie van VEN- en IVON-gebieden kan online geraadpleegd worden via DOV¹⁴ of via Geopunt¹⁵.

4 Grondwaterwingebieden en beschermingszones

4.1 Doelstelling

Een waterwingebied heeft betrekking op de installaties van een drinkwaterwinning en een bufferzone van maximaal 20 meter.

Een beschermingszone is het geografische gebied dat is afgebakend om het grondwater in een (drink)waterwingebied kwalitatief en kwantitatief te beschermen. Er zijn drie types beschermingszones:

- Beschermingszone type I ('24-uren zone') is de zone waarbinnen water de putten van het win- gebied binnen de 24 uur kan bereiken.
- Beschermingszone type II ('bacteriologische zone') is de zone waarbinnen water in minder dan 60 dagen de putten van het waterwingebied kan bereiken. Deze zone strekt zich uit tot maxi- maal 300 meter rond het waterwingebied.
- Beschermingszone type III ('chemische zone') omvat het voedingsgebied van de grondwater- winning en strekt zich uit tot maximaal 2 kilometer rond het waterwingebied.

4.2 Regelgeving en implicaties

In elk gebied gelden andere beperkingen. Deze zijn opgenomen in het Besluit van de Vlaamse Regering van 27 maart 1985 houdende reglementering van de handelingen binnen de watergebieden en de beschermingszones¹⁶ en in sectorale bepalingen van VLAREM bij specifieke activiteiten.

De beperkingen in waterwingebied zijn dezelfde als in een beschermingszone type I. In deze zone zijn enkel handelingen toegestaan die noodzakelijk zijn voor de productie van drinkwater of die de bescherming van het grondwater tot doel hebben of die de kwaliteit van het grondwater niet kunnen verontreinigen op voorwaarde dat er een gunstig advies is van de betrokken drinkwatermaatschappij en het geen verboden handeling in beschermingszone type II betreft (artikel 2 Besluit van de Vlaamse Regering houdende reglementering van de handelingen binnen de watergebieden en de beschermingszones).

In beschermingszone type II zijn de handelingen zoals opgesomd in artikel 3 van het besluit van de Vlaamse Regering houdende reglementering van de handelingen binnen de watergebieden en de beschermingszones verboden. Voor bemalingen is vooral het verbod op boringen, ontgrondingen, graafwerken (en dus ook bemalingen) van meer dan 2,5 meter onder het maaiveld (uitgezonderd peilputten) relevant¹⁷. Peilputten mogen wel worden geplaatst.

In een beschermingszone type III is het uitvoeren van een ingedeelde bemaling (alsook boringen en graafwerken) wel toegelaten. Het uitvoeren van een niet-ingedeelde bemaling (uitzondering d bij

¹⁴ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bemalingen>

¹⁵ <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/gebieden-van-het-ven-en-het-ivon>

¹⁶ <https://navigators.emis.vito.be/detail?wold=270&woLang=nl>

¹⁷ <https://navigators.emis.vito.be/detail?wold=42397&woLang=nl>

rubriek 53¹⁸) is niet toegelaten in een beschermingszone type III.

Waterwingebieden en beschermingszones hebben een verordenende kracht. Dit betekent dat de overheid bij het nemen van besluiten op basis van andere wetten of reglementeringen niet mag ingaan tegen de regels die in waterwingebieden en beschermingszones van kracht zijn.

4.3 Raadplegen

De locatie van grondwaterwingebieden en beschermingszones kan online geraadpleegd worden via DOV¹⁹ of via Geopunt²⁰.

5 Cultuurhistorisch landschap, stads- of dorpsgezicht, monument of archeologische zone

5.1 Doelstelling

Het beschermen van cultuurhistorische landschappen, stads- of dorpsgezichten, monumenten en archeologische zones heeft als doel belangrijke erfgoedlocaties in Vlaanderen aan te duiden en te behouden voor toekomstige generaties. Op deze manier betracht Vlaanderen hun erfgoedwaarden te bewaren en veilig te stellen.

5.2 Regelgeving en implicaties

Voor beschermde cultuurhistorische landschappen, stads- of dorpsgezichten, monumenten en archeologische zones is de juridische grondslag het Onroerenderfgoeddecreet en het bijbehorend Onroerenderfgoedbesluit. Beiden traden op 1 januari 2015 in werking. Voor het luik archeologie gebeurde dit gefaseerd sinds 1 januari 2016.

Het is niet toegestaan om beschermde landschappen, stads- of dorpsgezichten, monumenten en archeologische zones te ontsieren, beschadigen, vernielen of op een andere manier de erfgoedwaarden aan te tasten. Dit betekent echter niet dat er niets meer mag gebeuren of veranderen. Er moet aandachtig omgesprongen worden met zettingen die eventueel zouden kunnen ontstaan onder invloed van een bemaling alsook met eventuele verdroging van vegetatie die deel uitmaakt van het landschap, gezicht, monument of archeologische zone.

De specifieke doelstellingen en voorschriften voor elke bescherming kunnen worden geraadpleegd in het beschermingsbesluit.

5.3 Raadplegen

Een actueel overzicht van beschermde cultuurhistorische landschappen, stads- of dorpsgezichten, monumenten en archeologische zones kan online geraadpleegd worden via het Inventaris Onroerend Erfgoed²¹. Hier kan het beschermingsbesluit worden geraadpleegd. Een overzicht is ook beschikbaar via het Geoportaal van onroerend erfgoed²² en via DOV²³.

¹⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=70324&woLang=nl>

¹⁹ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/waterwingebieden-en-beschermingszones>

²⁰ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/waterwingebieden-en-beschermingszones>

²¹ <https://inventaris.onroerenderfgoed.be/>

²² <https://geo.onroerenderfgoed.be/>

²³ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bemalingen>

6 Erfgoedlandschap

6.1 Doelstelling

Een erfgoedlandschap is een groter ruimtelijk geheel van erfgoedelementen en –waarden, ingebed in een ruimtelijk uitvoeringsplan (RUP). Bij het afbakenen van een erfgoedlandschap worden maatregelen voor het behoud van de erfgoedwaarden en –kenmerken ingeschreven in de stedenbouwkundige voorschriften.

6.2 Regelgeving en implicaties

Aan erfgoedlandschappen zijn specifieke stedenbouwkundige voorschriften verbonden in het betrokken RUP, die best worden nagevraagd bij de bevoegde overheid. Ook hier moet er aandachtig omgesprongen worden met zettingen die eventueel zouden kunnen ontstaan onder invloed van een bemaling alsook met eventuele verdroging van vegetatie die deel uitmaakt van het erfgoedlandschap.

6.3 Raadplegen

Erfgoedlandschappen kunnen online geraadpleegd worden via DOV²⁴ of via Geopunt²⁴. RUP's kunnen geraadpleegd worden via het Geoportaal Ruimtelijke Plannen en Verordeningen²⁵ of via de website van de lokale gemeente of stad.

7 Verziltingskaart

7.1 Doelstelling

De verziltingskaart geeft de geografische ligging en de diepte weer van het grensvlak tussen zoet en zout grondwater. Het moet de betrachting van een ontwerper zijn het evenwicht tussen het zoet-zout niet te verstoren. Zilt grondwater komt voor langs de Belgische kust, in de polders van het Meetjesland (Sint-Laureins en Assenede) en ter hoogte van de Scheldepolders.

7.2 Regelgeving en implicaties

Volgens de Europese kaderrichtlijn Water, voor Vlaanderen omgezet in het Decreet betreffende het integraal waterbeleid²⁶, geldt dat de kwaliteit en kwantiteit van een grondwaterlichaam niet mag achteruitgaan. Zo moet bv. het zoetwaterreservoir aan de kust maximaal beschermd worden. Met deze regelgeving moet rekening gehouden worden bij een bemaling in of in de buurt van verzilt grondwater waarbij het expliciet het doel is van een goed bemalingsontwerp om de verstoring van het zoet-zout evenwicht maximaal te vermijden.

Wanneer een bemalingsconcept uitgewerkt wordt voor een bemaling in of in de buurt van verzilt grondwater, moet allereerst de invloedsstraal van de bemaling bepaald worden (**bijlage 6.12**). Indien het grensvlak tussen zoet en zout grondwater binnen de invloedsstraal valt, dient een risicoanalyse te worden uitgevoerd en moeten desgevallend mitigerende maatregelen genomen worden.

²⁴ <https://www.vlaanderen.be/datavindplaats/catalogus/erfgoedlandschappen>

²⁵ <https://www.vlaanderen.be/geopunt/kaarttoepassingen/geoportaal-ruimtelijke-plannen-en-verordeningen>

²⁶ <https://codex.vlaanderen.be/PrintDocument.ashx?id=1011715&datum=&geannoteerd=true&print=false>

7.3 Raadplegen

De verziltingskaart kan online geraadpleegd worden op de website van DOV²⁷. Naast de eerste verziltingskaart uit 1974 en 1989 kan nu ook een recentere kaart worden geraadpleegd. Deze recentere kaart is gebaseerd op helikoptermetingen uit 2014 en 2017. Wegens bebouwing en obstakels konden bepaalde zones binnen het kust- en poldergebied niet gemeten worden. Voor deze gebieden kan men terugvallen op de oude verziltingskaarten.

8 Biologische waarderingskaart en ecotoopkwetsbaarheidkaart voor verdroging

8.1 Doelstelling

De biologische waarderingskaart geeft een gedetailleerd overzicht van het biologische milieu en de bodembedekking in Vlaanderen en Brussel. De kaart is ingekleurd in groentinten om de biologische waarde van het milieu op een overzichtelijke wijze weer te geven. De meest recente (op ogenblik van deze publicatie) is de “Biologische Waarderingskaart en Natura 2000 Habitatkaart”, uitgave 2025.

De ecotoopkwetsbaarheidskarten geven de gevoeligheid van ecotopen voor bepaalde milieudrukken weer. Ze zijn de vertaling van de biologische waarderingskaart naar een specifieke kwetsbaarheid voor een optredende effectgroep. De kaarten zijn signaalkaarten die een indicatie geven van de gevoeligheid van de aanwezige vegetatie op wijzigingen in verdroging, eutrofiëring en verzuring. In het kader van bemalingsstudies is vooral de ecotoopkwetsbaarheidkaart voor verdroging relevant en wordt deze ook wel eens ‘de verdrogingskaart’ genoemd.

8.2 Regelgeving en implicaties

De karteringseenheden van de biologische waarderingskaart kunnen worden aangewend door de overheid om de toestand en betekenis van een natuurlijk milieu in te schatten. Op die manier kunnen de kaarten helpen bij bv. de implementatie van wetteksten.

De ecotoopkwetsbaarheidskarten zijn een pragmatisch instrument om de milieueffecten van plannen, projectvoorbereidingen, infrastructuurwerken e.a. te helpen beoordelen.

Indien uit een bemalingsstudie blijkt dat er een (tijdelijke) grondwaterverlaging zal optreden ter hoogte van een perceel dat ingetekend is als biologisch waardevol of zeer waardevol én bovendien kwetsbaar of zeer kwetsbaar is voor verdroging, dan wordt aanbevolen de impact van de bemaling op dit perceel te bestuderen, bv. door een algemene natuurtoets uit te voeren. In deze algemene natuurtoets kan conform artikel 16 van het Natuurdecreet²⁸ worden nagegaan dat er geen vermijdbare schade optreedt naar aanleiding van de bemaling.

8.3 Raadplegen

De biologische waarderingskaart (uitgave 2025) kan online geraadpleegd worden via DOV²⁹. Een naslagwerk met meer informatie over de legende-eenheden alsook praktische handleidingen kunnen digitaal gedownload worden via de website van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek³⁰.

²⁷ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/verziltingskaart>

²⁸ <https://codex.vlaanderen.be/Portals/Codex/documenten/1005915.html>

²⁹ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/bemalingen>

³⁰ <https://www.vlaanderen.be/inbo/de-biologische-waarderingskaart/wat-is-de-biologische-waarderingskaart/>

De ecotoopkwetsbaarheidskaart voor verdroging (versie 2023) kan online geraadpleegd worden op de website van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek³¹.

9 Lokale waardevolle bomen

9.1 Doelstelling

Bij het uitvoeren van een bemaling moet vermeden worden dat lokale waardevolle bomen vermijdbare schade oplopen. Het kan dan gaan over bomen in lijnverband, bosverband of individuele bomen. Schade kan o.a. ontstaan door verdroging van de wortels als gevolg van watergebrek.

Door Bomen Beter Beheren vzw werden een richtlijn en bijbehorend stroomschema opgesteld die de opsteller van een bemalingsconcept een houvast geven bij het omgaan met waardevolle bomen bij bemalingen³². Door middel van het stroomschema kan nagegaan worden wat de mogelijke impact van de bemaling kan zijn. De bouwheer maakt op basis van deze mogelijke impact een kosten-baten-risico-analyse.

Om lokale waardevolle bomen in de buurt van een bemaling te inventariseren, kan men zich laten bijstaan door een boomdeskundige. Er wordt dan gekeken naar hoe waardevol de bomen zijn en hun gevoeligheid aan verdroging. Een boomdeskundige kan in eerste instantie een bomentoets uitvoeren: een snelle analyse van het bomenbestand op basis van luchtbeelden en eventueel een plaatsbezoek. Uit deze bomentoets volgt een beknopt advies over welke bomen al dan niet opgevolgd moeten worden tijdens de bemaling, en welke maatregelen zouden kunnen genomen worden om de mogelijke impact te beperken. Op basis van de resultaten van een bomentoets, kan indien nodig overgegaan worden tot een uitgebreidere Bomen Effect Analyse (BEA) waarbij de impact van de bemaling (en de andere bouwactiviteiten) op de bomen in meer detail bestudeerd wordt.

Bomentoetsen en Bomen Effect Analyses kunnen uitgevoerd worden door boomdeskundigen met een ETT-certificaat. Een overzicht van gecertificeerde boomtechnische raadgevers kan geraadpleegd worden via de website van Inverde³³.

Indien uit een bomentoets of BEA blijkt dat een bemaling vermijdbare schade kan veroorzaken aan lokale waardevolle bomen, dan kunnen de volgende ondersteunende maatregelen genomen worden:

- Het beregenen van de waardevolle bomen, bij voorkeur met bemalingswater via een druppel-leiding of via sprinklers, mits de kwaliteit van het bemalingswater voldoet aan de toetsingswaarden voor het terug in de ondergrond brengen (zie [bijlage 6.6](#)) en aan de specifieke vereisten uit de richtlijn van Bomen Beter Beheren vzw. Men moet erover waken dat de irrigatiemaatregelen afgesteld worden op de behoefte van de bomen in functie van de evapotranspiratie (combinatie van evaporatie (verdamping aan het aardoppervlak) en transpiratie) en de momentane neerslag.
- Indien mogelijk, het uitvoeren van (een deel van) de bemaling buiten het groeiseizoen van de bomen. Een verlaging van de grondwaterstand in de periode van 1 november tot 1 maart zal zelden leiden tot onherstelbare schade gezien in die periode geen groei van de boom en dus geen transpiratie (verdamping van water uit planten via hun bladeren) optreedt.

³¹ <https://geo.inbo.be/ecotoopkwetsbaarheid/index.html>

³² <https://www.bomenbeterbeheren.org/stroomschema-bronbemaling>

³³ <https://www.inverde.be/examens-certificaten/certificaten-de-boomverzorging/europese-certificaten>

9.2 Regelgeving en implicaties

Hieronder wordt opgelijst wanneer het aanbevolen is een boomdeskundige in te schakelen:

- Indien binnen de invloedsstraal van de bemaling bomen liggen die deel uitmaken van een cultuurhistorisch landschap, stads- of dorpsgezicht of monument, wanneer de bescherming van deze bomen ook effectief is opgenomen in het beschermingsbesluit.
- Indien een bemaling een grondwaterverlaging kan veroorzaken ter hoogte van bomen met een omtrek van ≥ 1 m die geen deel uitmaken van een cultuurhistorisch landschap, stads- of dorpsgezicht of monument, maar die wel opgenomen zijn in de inventaris van het onroerend erfgoed bij thema 'Houtige Beplantingen met Erfgoedwaarde'.

Bij twijfel kan men steeds in overleg gaan met de bevoegde dienst/persoon bij de gemeente of stad of eventueel met een erfgoedconsulent³⁴.

Voor waardevolle bomen die statutair beschermd zijn omdat ze gelegen zijn in een speciale beschermingszone of in een VEN-gebied, wordt de potentiële impact van de bemaling steeds onderzocht in de passende beoordeling of verscherpte natuurtoets.

9.3 Raadplegen

Voor cultuurhistorische landschappen, stads- of dorpsgezichten en monumenten wordt verwezen naar paragraaf 5. De inventaris 'Houtige Beplantingen met Erfgoedwaarde' kan geraadpleegd worden via de Inventaris Onroerend Erfgoed³⁵.

Steden en gemeenten kunnen 'houtige beplantingen met erfgoedwaarde' toevoegen aan de inventaris van het onroerend erfgoed. Voor meer informatie wordt verwezen naar de webpagina van het Agentschap Onroerend Erfgoed³⁶.

³⁴ <https://www.onroenderfgoed.be/het-belang-van-vooroverleg>

³⁵ <https://inventaris.onroenderfgoed.be/themas/147>

³⁶ <https://www.onroenderfgoed.be/ik-wil-inventariseren>

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.6 – Bemalingscascade

Deze bijlage behandelt de bemalingscascade die moet gevolgd worden bij het zoeken van een bestemming voor het bemalingswater. Het volgen van deze cascade wordt opgelegd via artikel 5.53.6.1.3. van VLAREM II. Voor meer informatie over wetgeving wordt verwezen naar bijlage 6.8.

Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden in dit document opgenomen in de voetnoten.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Stap 1: beperk het netto onttrokken volume	3
2.1	Weer in de ondergrond brengen van het bemalingswater	3
2.2	Toestroming naar de bouwput beperken	7
2.3	Beperken van de duurtijd van de bemaling	7
2.4	Peilgestuurde bemaling	8
3	Stap 2: nuttig gebruik bemalingswater	9
4	Stap 3: lozen op waterloop	10
5	Stap 4: lozen in riool	12
6	Referentielijst	13

1 Inleiding

Bij een tijdelijke bemaling kan op verschillende manieren omgegaan worden met het opgepompte grondwater. Om de impact van een bemaling op het grondwatersysteem te beperken, moet rekening gehouden worden met de bemalingscascade bij het zoeken naar een bestemming voor het bemalingswater¹. De volgorde van de cascade moet gerespecteerd worden, waarbij pas naar een volgende stap mag gekeken worden indien de eerdere stap conform de beste beschikbare technieken niet mogelijk is voor het volledige bemalingsvolume.

De cascade bestaat uit vier stappen die gevolgd moeten worden (Figuur 1), en is verankerd in VLAREM II via artikel 5.53.6.1.3.². Bij het opstellen van een bemalingsstudie moet de bestemming van het bemalingswater bepaald worden rekening houdend met deze vier stappen. Bij het aanvragen van een vergunning, of het melden via het Omgevingsloket, moet gemotiveerd worden waarom bepaalde stappen niet haalbaar zouden zijn.



Figuur 1: De 4 stappen van de bemalingscascade.

2 Stap 1: beperk het netto onttrokken volume

Door middel van een bemalingsstudie wordt de grootte en de impact van een bemaling gedimensioneerd. Tijdens het uitvoeren van het studiewerk, kunnen reeds verschillende maatregelen voorzien worden om het netto volume te beperken. Dit kan door het opgepompte volume te beperken, door het opgepompte bemalingswater maximaal weer in de ondergrond te brengen of door een combinatie van beiden.

2.1 Weer in de ondergrond brengen van het bemalingswater

Bemalingswater moet, voor zover dit met toepassing van de best beschikbare technieken mogelijk is, zoveel mogelijk weer in de ondergrond gebracht worden². Dit kan door het bemalingswater te retourneren via retourputten of door het te laten infiltreren via een infiltratievoorziening (een infiltratieput, -bekken of -gracht). Voor meer informatie over de technische aspecten wordt verwezen naar [bijlage 6.9](#). Het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater is inbegrepen in de rubrieksomschrijving. Er moet dus geen aparte vergunning voor worden aangevraagd.

In sommige omstandigheden is het technisch niet mogelijk om het bemalingswater weer in de ondergrond te brengen. Zo kan het dat de kwaliteit van het onttrokken bemalingswater niet voldoet aan de normen (zie onder), dat het opgepompte bemalingswater te belucht is om te retourneren of dat de bovenste meters van de ondergrond niet doorlatend genoeg zijn om infiltratie toe te laten. Bovendien wegen de kosten van het weer in de ondergrond brengen soms niet op tegen de voordelen. Voor meer informatie over deze beperkingen en de technische uitvoering van retourbemaling en

¹ <https://vmm.vlaanderen.be/beleid/waterbeleid/grondwater/bemaling>

² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91692&woLang=nl>

infiltratie wordt verwezen naar [bijlage 6.9](#).

Voor bemalingen van bouwputten die langer dan 30 dagen actief zijn, is het in een aantal gevallen verplicht om minstens een deel van het bemalingswater weer in de ondergrond te brengen³ (Figuur 2):

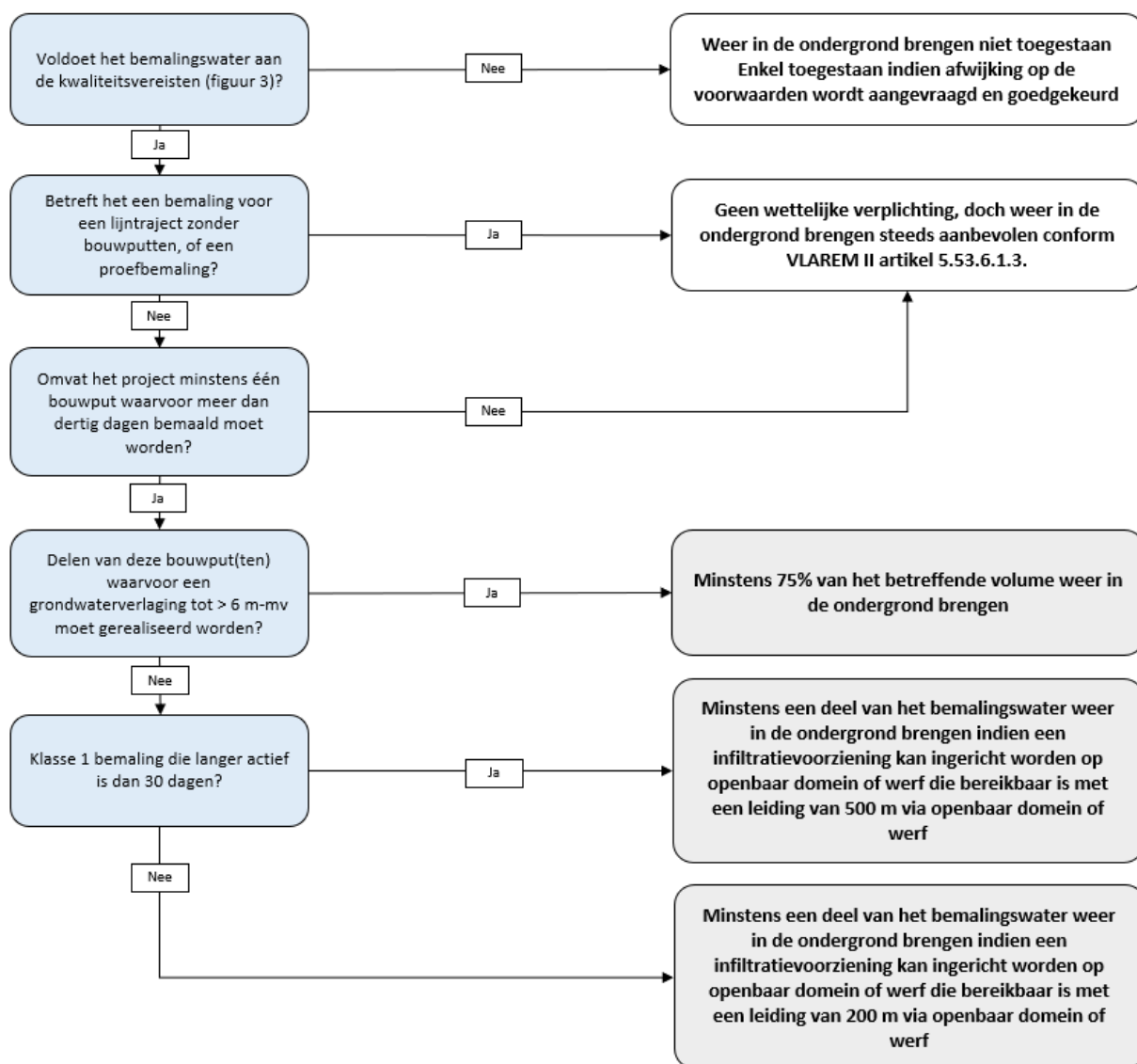
- Bij een bemaling (van een bouwput) die langer actief is dan 30 kalenderdagen en waarbij op openbaar domein of op terreinen van de werf een infiltratievoorziening kan ingericht worden die bereikbaar is via openbaar domein of via terrein van de werf met een leiding van maximaal 200 meter, wordt minstens een deel van het bemalingswater weer in de ondergrond gebracht. Deze afstand is te rekenen vanaf de locatie van de bemalingspomp tot aan de potentiële locatie van de infiltratievoorziening.
- Bij een klasse 1 bemaling⁴ (van een bouwput) die langer actief is dan 6 maanden waarbij op openbaar domein of op terreinen van de werf een infiltratievoorziening kan ingericht worden die bereikbaar is via openbaar domein of via terrein van de werf met een leiding van maximaal 500 meter, wordt minstens een deel van het bemalingswater weer in de ondergrond gebracht.
- Bij de delen van een bemalingsinstallatie voor een bouwput die langer actief is dan dertig dagen waarbij de maximale verlaging van het grondwaterpeil meer dan zes meter onder het maaiveld bedraagt, wordt het bemalingswater voor minimaal 75% van het onttrokken debiet weer in de ondergrond gebracht⁵.

Bovenstaande verplichtingen gelden niet voor gefaseerde bemalingen voor lijntrajecten gelet op het opschuiven van de werken. Ook voor proefbemalingen (rubriek 53.1) gelden bovenstaande verplichtingen niet.

³ Hier kan enkel van afgeweken worden door op een gemotiveerde wijze een afwijking aan te vragen via de vergunningsaanvraag/melding.

⁴ Via rubrieken 53.2 (netto opgepompt volume > 180.000 m³) of 53.11 (netto onttrokken debiet $\geq$ 2.500 m³/dag of bruto onttrokken debiet > 1.000 m³/dag met invloed op beschermde kustduinen en speciale beschermingszones).

⁵ Deze verplichting geldt enkel voor het volume bemalingswater opgepompt bij grondwaterverlagingen dieper dan 6 m-mv. Indien er voor een bouwput bemaald moet worden tot 5 m-mv, en voor een dieper gelegen zone tijdelijk tot 6,5 m-mv, dan geldt de verplichting enkel voor het bijkomend debiet/volume dat opgepompt wordt voor de dieper gelegen zone indien deze dieper gelegen zone via een apart deel van de bemalingsinstallatie bemaald wordt (bv. aparte filterkader). Indien er met de bemalingselementen voor de bouwput tijdelijk dieper wordt afgepompt voor bv. een liftput, geldt de verplichting voor het volledige volume van die bemalingselementen.



Figuur 2: Stroomschema ter bepaling van de verplichting tot het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater (artikel 5.53.6.1.3. §2 VLAREM II).

Opgelet, om het nettodebiet of nettovolume bemalingswater te berekenen, mag enkel rekening gehouden worden met het debiet/volume bemalingswater dat in dezelfde watervoerende laag wordt teruggebracht als waaruit het is opgepompt⁶. Hierbij moet ‘watervoerende laag’ beschouwd worden als één of meerdere geologische lagen die voldoende poreus en doorlatend zijn⁷. Twee voorbeelden ter verduidelijking:

1. Indien bemalingswater wordt opgepompt uit het Zand van Diest (HCOV A0251) en infiltreert in een zandige quataire deklaag (HCOV A0151) boven op het Zand van Diest, dan mag dit infiltratiedebiet/-volume afgetrokken worden van het onttrokken brutodebiet/-volume om tot het nettodebiet/-volume te komen.
2. Indien bemalingswater wordt opgepompt uit de Oligoceen Aquifer (bv. Zand van Berg; HCOV A0431) dat lokaal voorkomt onder de Boom Aquitard (klei van de Formatie van Boom; HCOV

⁶ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8198&woLang=nl>

⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8198&woLang=nl>

A0300), en men laat het infiltreren in een zandige quartaire deklaag boven op de Formatie van Boom, dan mag dit infiltratiedebiet/-volume niet afgetrokken worden van het onttrokken brutodebiet/-volume om tot het nettodebiet/-volume te komen.

Bij het berekenen van het nettodebiet en nettovolume moet er rekening mee gehouden worden dat infiltratievoorzieningen in werkelijkheid niet altijd evenveel infiltratie toelaten dan hetgeen in studiefase bekeken is. Het is dan ook aanbevolen conservatief om te gaan met de berekening van het nettodebiet en -volume.

Als er geopteerd wordt voor infiltratie op een wadi, infiltratiegracht of -bekken, wordt dit enkel in rekening gebracht als infiltratie indien deze infiltratievoorziening geen deel uitmaakt van het hydrografisch net (kan gecontroleerd worden via de Vlaams Hydrografische Atlas - VHA⁸). Als er geloosd wordt op een gracht die deel uitmaakt van het hydrografisch net, bv. een geklasseerde of niet geklasseerde onbevaarbare waterloop of een publieke gracht, dan is dit juridisch een lozing op oppervlaktewater ingedeeld (of uitgezonderd) bij rubriek 3. Dit geldt ook als de betreffende gracht wordt afgedamd met tijdelijke schotten en een overloop met het oog op vertraagde waterafvoer en insijpeling in de bodem. Dit wil zeggen dat het volume niet in mindering gebracht mag worden voor de berekening van het nettodebiet en -volume.

Het bemalingswater dat weer in de ondergrond gebracht wordt, moet voldoen aan (Figuur 3):

1. de milieukwaliteitsnormen voor grondwater voor ongewenste stoffen, voor toxische stoffen en voor de pH. De milieukwaliteitsnormen voor grondwater (de grondwaterkwaliteitsnormen) staan opgelijst in artikel 1 van bijlage 2.4.1. van VLAREM II⁹. Indien voor de bewuste stof het achtergrondniveau eigen aan het grondwaterlichaam¹⁰ hoger is dan de grondwaterkwaliteitsnorm, dan mag met dit hogere achtergrondniveau rekening gehouden worden¹¹. De achtergrondniveaus staan opgelijst in artikel 2 van bijlage 2.4.1. van VLAREM II;
2. de richtwaarde voor grondwater, vermeld in bijlage II van het VLAREBO-besluit van 14 december 2007¹², als er geen milieukwaliteitsnorm gedefinieerd is;
3. indien er voor een gevaarlijke stof geen milieukwaliteitsnorm noch een richtwaarde gedefinieerd is, dan moet gekeken worden naar de rapportagegrens voor grondwater conform de referentiemeetmethode (zoals vastgesteld in de wateranalysecompendia opgesteld door VITO¹³).

⁸ <https://vmm.vlaanderen.be/feiten-cijfers/catalogus-feiten-cijfers/waterloopkaarten>

⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=10076&woLang=nl>

¹⁰ Om te weten welke grondwaterlichamen voorkomen ter hoogte van een specifieke locatie, kan DOV geraadpleegd worden (kaartlaag 'Grondwaterlichamen' onder 'Grondwaterbeleid').

¹¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8352&woLang=nl>

¹² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=23676&woLang=nl>

¹³ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/compendium-wac>

Bepaling toetsingswaarde voor het weer in de ondergrond brengen van ongewenste stoffen, toxische stoffen en voor de pH



Figuur 3: Te volgen toetsingskader voor het weer in de ondergrond brengen van gevaarlijke stoffen, met verwijzingen naar relevante wetgeving.

Tevens moet bij het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater met onderstaande punten rekening gehouden worden, om geen extra verzilting te veroorzaken:

- Bemalingswater met een geleidbaarheid bij 20°C hoger dan 1.600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ mag alleen weer in de ondergrond gebracht worden als het ontvangende grondwater dezelfde of een hogere geleidbaarheid heeft;
- Bemalingswater met een chlorideconcentratie hoger dan 250 mg/l mag alleen weer in de ondergrond gebracht worden als het ontvangende grondwater dezelfde of een hogere chlorideconcentratie heeft.

Wanneer men het bemalingswater wenst te retourneren of infiltreren in een speciale beschermingszone (zie [bijlage 6.5](#)) dan moet dit mee opgenomen worden in de passende beoordeling. Wanneer dit is voorzien in VEN-gebied, zijn een VEN-ontheffing en verscherpte natuurtoets nodig. De kans bestaat immers dat retourneren of infiltreren in deze aandachtsgebieden nefast zou kunnen zijn voor de beschermde habitats en soorten. Dit kan gelinkt zijn aan de chemische samenstelling van het bemalingswater of de (tijdelijke) wijziging van de grondwaterstand.

In sommige gevallen kan bij een tijdelijke bemaling licht verontreinigd bemalingswater (bv. met beperkte overschrijdingen van de toetsingswaarde) weer in de ondergrond gebracht worden. Deze afwijking kan mits een grondige motivatie in de vergunningsaanvraag/melding worden toegestaan, via een bijstelling van de vergunningsvoorwaarden (aan te vragen als een afwijking op artikel 5.53.6.1.3. §2 van VLAREM II).

2.2 Toestroming naar de bouwput beperken

Om de toestroming van grondwater naar de bouwput te beperken kan de bouwput hydraulisch geïsoleerd worden door waterremmende wanden te plaatsen met aanzet in een horizontale waterremmende laag. Dit kan zowel een laag zijn die van nature voorkomt, zoals een kleilaag, of er kan een artificiële waterremmende laag aangebracht worden. Ook indien de waterremmende wanden niet worden aangezet in een horizontale waterremmende laag (partiële wanden), kan het bemalingsdebiet bij een dergelijke uitvoeringswijze significant lager liggen. Voor meer informatie over de toepassing van waterremmende wanden en artificiële horizontale waterremmende lagen wordt verwezen naar [bijlage 6.18](#).

2.3 Beperken van de duurtijd van de bemaling

Door de duurtijd van de bemaling te beperken, kan het waterbezwaar beperkt worden. Zowel in studiefase als tijdens uitvoering van de bemaling, moet steeds geëvalueerd worden of de bemaling nog

nodig is, of indien mogelijk tijdelijk kan stilgelegd worden.

Om te bepalen hoe lang een bemaling nodig is, wordt in eerste instantie gekeken naar de tijd die nodig is om de ondergrondse constructie waterdicht te maken. In tweede instantie moet er ook voldoende tegengewicht zijn om de constructie niet te laten opdrijven onder invloed van de opwaartse grondwaterdruk. Dit betekent in praktijk bij gebouwen dat er vaak al één bovengrondse bouwlaag moet afgewerkt zijn vooraleer de bemaling voor een ondergrondse bouwlaag mag uitgeschakeld worden. Hier moet uiteraard rekening mee gehouden worden in studiefase.

Om een bemaling toch al te kunnen uitschakelen indien er nog onvoldoende tegengewicht is, kan er gewerkt worden met verticale trekankers. Dit zijn in de grond gevormde verankerings-elementen bestaande uit een met cementgrout omgeven stalen staaf of strengenbundel. Ze worden verticaal naar beneden geboord en verankerd in de vloerplaat van de ondergrondse constructie. Deze techniek wordt bv. toegepast indien er ook in permanente toestand te weinig tegengewicht is om de constructie stabiel te houden onder invloed van de opwaartse grondwaterdruk. Het voorzien van verticale trekankers is een dure uitvoeringstechniek. De voordelen van het toepassen van trekankers moet dan ook steeds afgewogen worden tegen de hoge kostprijs.

Een andere manier om toch voldoende tegengewicht te voorzien zodat een ondergrondse constructie niet opdrijft, is door het voorzien van bijkomend gewicht. Dit kan bewerkstelligd worden door de ondergrondse constructie te laten vollopen met water. Dit maakt het wel praktisch minder eenvoudig om verder te werken, en tevens kan het water zijn sporen nalaten (bv. tegen de wanden). Een alternatief kan zijn om extra ballast te plaatsen in de constructie, zoals zware bouwmaterialen. Ook dit vormt uiteraard een belemmering voor de verdere werken.

Conform artikel 5.53.6.1.5. uit VLAREM II mag de vereiste grondwaterverlaging niet langer worden aangehouden dan nodig is voor de fase waarin het project zich bevindt¹⁴. Als het project door onvoorziene omstandigheden langer dan 4 weken stilligt, wordt de bemaling oordeelkundig bijgesteld op basis van een plan van aanpak dat is goedgekeurd door een deskundige¹⁵. Dit plan van aanpak moet ter beschikking gehouden worden van de toezichthouder.

2.4 Peilgestuurde bemaling

Sinds 1 juli 2025 is het verplicht om de pompen van een bemaling zodanig automatisch te sturen dat het grondwaterpeil niet verder wordt verlaagd dan nodig is om de noodzakelijke verlaging van het grondwaterpeil te bereiken¹⁶. Er wordt gestuurd op het grondwaterpeil in een pompput of verzamelput, of in aparte peilputten.

De noodzakelijke verlaging wordt per bouwfase bepaald en de regeling van de peilsturing wordt bijgesteld naargelang de vordering van de werken.

Bij retourbemalingen mag het technisch minimaal noodzakelijke debiet voor de werking van de retour opgepompt worden. Ook om vorstschade te vermijden, mag het technisch noodzakelijke minimale debiet verpompt worden.

Voor meer technische informatie over de verschillende vormen van peilsturing en de voor- en nadelen

¹⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91694&woLang=nl>

¹⁵ Dit kan de ontwerper van het bemalingsconcept of een stabiliteitsingenieur zijn.

¹⁶ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

van elke techniek, wordt verwezen naar [bijlage 6.9](#).

3 Stap 2: nuttig gebruik bemalingswater

Voor het bemalingswater dat niet weer in de ondergrond gebracht kan worden, dient onderzocht te worden of het ter beschikking gesteld kan worden aan derden. Dit is geen verplichting, maar een te onderzoeken optie.

Het nuttig hergebruik van bemalingswater zit mee vervat in rubrieken 53.1, 53.2 en 53.5 tot een maximumvolume van 5.000 m³ per jaar. Indien hogere volumes ter beschikking gesteld worden aan derden, moet hiervoor rubriek 53.8 bijkomend aangevraagd worden (zie [bijlage 6.8](#)). Het debiet dat hergebruikt wordt, dient afzonderlijk gemeten te worden¹⁷.

Nuttig hergebruik is niet toegestaan voor potentieel verontreinigd bemalingswater¹⁸. Hiermee wordt bemalingswater bedoeld dat afkomstig is van bemalingselementen die hetzij volledig of gedeeltelijk liggen op, hetzij op een afstand van minder dan 20 meter liggen van een perceel dat aan minstens één van de volgende voorwaarden voldoet:

- Het perceel behoort tot een risicoground als vermeld in het Bodemdecreet van 27 oktober 2006, tenzij er voor de betreffende risicoactiviteit een decretaal bodemonderzoek conform het VLA-REBO-besluit van 14 december 2007 is uitgevoerd;
- Voor het perceel is een decretaal bodemonderzoek conform het VLAREBO-besluit van 14 december 2007 uitgevoerd;
- Op het perceel heeft zich een schadegeval voorgedaan als vermeld in het Bodemdecreet van 27 oktober 2006;
- Op minstens een deel van het perceel zijn door de overheid voorwaarden of beperkende maatregelen voor het gebruik van grondwater afgekondigd vanwege de vermoedelijke of aangetoonde aanwezigheid van verontreinigde stoffen.

Van deze sectorale voorwaarde (artikel 5.53.6.1.3. §3) kan via de vergunningsaanvraag of melding enkel afgeweken worden mits een grondige onderbouwing dat het bemalingswater kwalitatief geschikt is voor de beoogde toepassingen.

Onderzoek in kader van het COOCK project 'Grondwaterbeheersing bij bouwprojecten' heeft aangetoond dat nuttig hergebruik vooral interessant is indien het bemalingswater kan gebruikt worden door grote afnemers^[a]. Dit kunnen bv. steden of gemeenten zijn, die het bemalingswater kunnen aanwenden voor irrigatie (bv. voor sportvelden of beplanting) of voor het spoelen van veegwagens.

Bij het ter beschikking stellen van water moet opgelet worden voor de vorming van bacteriën in stilstaand water^[b]. Daarnaast kan ijzerhoudend water zorgen voor een oranje verkleuring, of kan het water verzilt zijn. Hergebruik van bemalingswater is daarom niet aan te raden voor toepassingen binnenshuis bij particulieren of om de regenwaterput te vullen. De exploitant van een bemaling moet aan elk aftappunt voorzien in duidelijke signalisatie dat het water niet bestemd is voor menselijke consumptie (art 5.53.6.1.3 §3).

Doorgaans zal het niet mogelijk zijn om het volledige bemalingsdebiet ter beschikking te stellen en zal

¹⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91693&woLang=nl>

¹⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91692&woLang=nl>

er alsnog een deel geloosd moeten worden. Tevens is hergebruik bij retourbemaling enkel technisch wenselijk voor het eventuele gedeelte van het bemalingswater dat niet geretourneerd maar geloosd wordt. Bij een bemaling waarbij het volledige debiet geretourneerd wordt, kan een aftapping op het luchtdicht leidingencircuit zorgen voor een drukval wat beluchting kan veroorzaken. Dit kan leiden tot verstopping van het retour-systeem en een zeker verlies aan efficiëntie ervan.

Artikel 5.53.6.1.3. §3 bij VLAREM II stelt dat de exploitant bij het beschikbaar stellen van bemalingswater alle mogelijke maatregelen moet nemen om bijkomende hinder te voorkomen. Er wordt in aftappunten voorzien op veilig bereikbare plaatsen. Als een motorvoertuig wordt gebruikt om bemalingswater te transporteren, gebeurt het aftappen niet voor 7 uur en niet na 19 uur, en ook niet op zon- en feestdagen, tenzij anders vermeld in de omgevingsvergunning voor de exploitatie van de ingedeelde inrichting of activiteit. De uren waarop bemalingswater beschikbaar gesteld wordt, worden duidelijk geafficheerd bij het aftappunt.

4 Stap 3: lozen op waterloop

Bemalingswater dat niet opnieuw in de ondergrond gebracht kan worden of kan worden hergebruikt, zal geloosd worden. Daarvoor moet men in eerste instantie zoeken naar lozingsmogelijkheden op oppervlaktewater. Hetzij rechtstreeks, hetzij via een kunstmatige afvoerweg zoals een gracht of RWA-leiding.

Als oppervlaktewater of een kunstmatige afvoer voor hemelwater kan bereikt worden met een leiding van maximaal 200 meter vanaf de locatie waar de bemalingspomp staat, via openbaar domein of de terreinen van de werf, moet geloosd worden op die punten¹⁹.

Voor het optrekken van een vaste constructie in de bedding van een geklasseerde waterloop is een machtiging vereist van de waterloopbeheerder²⁰. Via de kaartlaag 'VHA-waterloopsegmenten' (Kaartlagen kiezen – Andere – Waterbeheer - VHA) in DOV kan opgezocht worden wie de beheerder is van de betreffende waterloop. Dit kan tevens opgezocht worden via de digitale atlas van de gerangschikte onbevaarbare waterlopen en de publieke grachten²¹.

Voor waterlopen van eerste categorie is de VMM de waterbeheerder en kan online een machtiging aangevraagd worden²². Bij aanvragen via het Omgevingsloket voor stedenbouwkundige handelingen geldt een gunstig advies van de waterloopbeheerder als een machtiging en is een aparte procedure niet meer nodig. Ook voor waterlopen in beheer van De Vlaamse Waterweg²³ en voor de categorie 2 waterlopen (beheerd door de provincie) kan dit online aangevraagd worden.

Een machtiging aanvragen bij de beheerder van de waterloop om te mogen lozen is niet verplicht als er geen constructie opgetrokken wordt. In sommige gevallen kan het echter aangewezen zijn om contact op te nemen met de beheerder, bv. om af te toetsen aan welke specifieke kwaliteitsvereisten het bemalingswater minimaal moet voldoen.

Om te kunnen lozen op oppervlaktewater moet de kwaliteit van het bemalingswater voldoen aan

¹⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91692&woLang=nl>

²⁰ <https://vmm.vlaanderen.be/beleid/waterbeleid/waterlopen/wie-beheert-welke-waterloop>

²¹ [Digitale atlas gerangschikte onbevaarbare waterlopen en publieke grachten — Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid](#)

²² <https://vmm.vlaanderen.be/beleid/waterbeleid/waterlopen/wonen-en-werken/machtigingen>

²³ <https://www.vlaamsewaterweg.be/nl/nuttige-info/toelatingen-vergunningen/vergunning-lozingsconstructie>

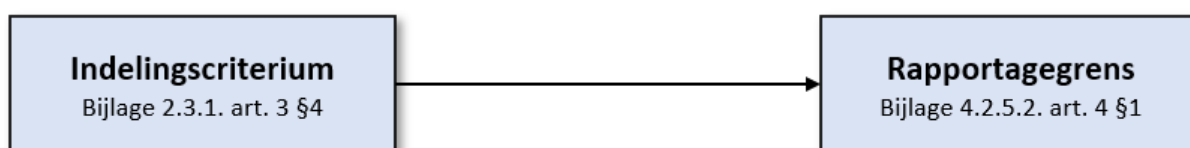
bepaalde kwaliteitseisen. Voor ingedeelde lozingen van bemalingswater zijn die opgenomen in artikel 4.2.9.1. §3. Voor niet-ingedeelde lozingen zijn de kwaliteitseisen opgenomen in artikel 6.2.2.1.2. §5. Voor elke lozing van bemalingswater, ingedeeld of niet-ingedeeld, gelden onderstaande kwaliteitseisen:

- De pH van het geloosde bemalingswater bedraagt niet meer dan 9 of niet minder dan 6,5. Voor de bepaling van de grenswaarden van de pH kan de natuurlijke pH van het grondwater, vermeld in artikel 2 van bijlage 2.4.1, die bij dit besluit is gevoegd, aangenomen worden als die pH meer dan 9 of minder dan 6,5 bedraagt.
- Het biochemische zuurstofverbruik (BZV) in vijf dagen bij 20 °C in het geloosde bemalingswater bedraagt niet meer dan 25 milligram zuurstofverbruik per liter.
- In het geloosde bemalingswater wordt 60 milligram per liter voor de zwevende stoffen (ZS) niet overschreden.

Voor een ingedeelde lozing van bemalingswater geldt bijkomend:

- In het geloosde bemalingswater worden de volgende gehalten niet overschreden:
 - 0,5 milliliter per liter voor de bezinkbare stoffen (tijdens een statische bezinking van twee uur);
 - 5 milligram per liter voor de perchloorethyleenextraheerbare apolaire stoffen;
 - 3 milligram per liter voor de som van anionische, niet-ionogene en kationische oppervlakteactieve stoffen.
- Gevaarlijke stoffen²⁴ als vermeld in VLAREM II, bijlage 2C, worden alleen geloosd als in de omgevingsvergunning emissiegrenswaarden zijn vastgesteld of als de concentratie lager is dan de toetsingswaarde. Deze toetsingswaarde is het indelingscriterium²⁵. Als er geen indelingscriterium is voor een bepaalde parameter, dient rekening gehouden te worden met de rapportagegrens²⁶ (VLAREM II Bijlage 4.2.5.2 art. 4 § 1). Dit toetsingskader is visueel weergegeven in Figuur 4.

Bepaling toetsingswaarde voor de lozing van gevaarlijke stoffen (bijlage 2C)



Figuur 4: Te volgen toetsingskader voor de lozing van gevaarlijke stoffen, met verwijzingen naar VLAREM II.

Als de lozing van het bemalingswater is ingedeeld onder rubriek 3.8 (zie [bijlage 6.8](#)), kunnen er gemotiveerd in de vergunningsaanvraag/melding afwijkende lozingsnormen (emissiegrenswaarden)

²⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=69702>

²⁵ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=10071>

²⁶ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=10089&woLang=nl>

aangevraagd worden via een bijstelling van de algemene lozingsvoorwaarden (afwijking op artikel 4.2.9.1 van VLAREM II).

Indien voor de lozing straten, sporen of andere lage infrastructuur moeten overbrugd worden, gaat dit vaak gepaard met het aanleggen van hoogteconstructies. Indien leidingen over voet- en/of fietspaden gelegd worden, moet er voldoende signalisatie aangebracht worden en moeten constructies voorzien worden zodat voetgangers en fietsers de afvoerleiding veilig kunnen oversteken. Voor meer informatie wordt verwezen naar [bijlage 6.9](#).

In uitzonderlijke gevallen kan het noodzakelijk zijn grote hoogteverschillen te overbruggen of tram- of treinsporen te kruisen. Alhoewel het soms wel mogelijk is oplossingen te vinden, kan het technisch een uitdaging zijn een naburige waterloop te bereiken. Er kan in dergelijk geval afgeweken worden van de 200 m regel. Dit moet dan wel aangevraagd worden in de vergunningsaanvraag/melding (via een bijstelling van de voorwaarden, afwijking van artikel 5.53.6.1.3 §5) en moet ook uitdrukkelijk vermeld staan in de vergunning/meldingsakte.

5 Stap 4: lozen in riool

Lozing op de openbare gemengde riolering of DWA is de laatste optie. De meeste openbare rioleringen zijn aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie (RWZI). Deze worden in Vlaanderen uitgebaat door Aquafin.

Indien bij opmaak van de bemalingsstudie blijkt dat er op de openbare riolering moet geloosd worden aan een debiet $> 10 \text{ m}^3/\text{u}$, moet een aanvraag ingediend worden bij Aquafin²⁷. Zij gaan dan na wat de invloed van de lozing is op het rioleringsstelsel en op de werking van het zuiveringsproces. De lozing van bemalingswater zal leiden tot verdunning van het afvalwater, wat zeer nadelig kan zijn voor de werking van de zuiveringsinstallaties. Daarnaast kan het er ook voor zorgen dat overstorten vaker in werking treden. Er wordt dan een saneringscontract afgesloten met Aquafin en er dient een vergoeding betaald te worden per geloosd volume.

Bij debieten hoger dan $10 \text{ m}^3/\text{u}$ is ook een heffing verschuldigd aan de VMM²⁸. De vergoeding die Aquafin aanrekent, wordt wel in mindering gebracht van deze wettelijk voorziene heffing. Er wordt bijgevolg geen heffing gevestigd als de heffingsplichtige deze vergoeding aan Aquafin volledig betaald heeft.

Bij een ingedeelde lozing van bemalingswater in een openbare riolering die is aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie gelden volgende voorwaarden (VLAREM II artikel 4.2.9.1. §3²⁹):

- De pH van het geloosde bemalingswater ligt tussen 6 en 9,5.
- In het geloosde bemalingswater worden de volgende gehalten niet overschreden:
 - o 1 g/l zwevende stoffen;
 - o 0,5 g/l stoffen, extraheerbaar met petroleumether.

²⁷ <https://www.aquafin.be/nl-be/bedrijven/water-lozen/waar-naartoe-met-bemalingswater>

²⁸ <https://vmm.vlaanderen.be/diensten-producten/heffing-bemalingswater>

²⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91019&woLang=nl>

- Het geloosde bemalingswater bevat zonder uitdrukkelijke vergunning geen stoffen die aan een van de volgende voorwaarden voldoen:
 - Ze betekenen een gevaar voor het onderhoudspersoneel van de riolering en de zuiveringsinstallaties.
 - Ze kunnen de leidingen beschadigen of verstoppem.
 - Ze vormen een beletsel voor de goede werking van de pompen van de zuiveringsinstallaties.
 - Ze kunnen een verontreiniging van het ontvangende oppervlaktewater veroorzaken of ze kunnen het ontvangende oppervlaktewater waarin het water van de openbare riool wordt geloosd, verontreinigen.
- om het lozen van bemalingswater op een rioolwaterzuiveringsinstallatie te beoordelen, gelden de criteria, vermeld in artikel 2 en 3 van het besluit van de Vlaamse Regering van 21 februari 2014 houdende vaststelling van de regels inzake het lozen van bedrijfsafvalwater op een openbare rioolwaterzuiveringsinstallatie. Ook voor lozing op de DWA of gemengde riolering geldt dat gevaarlijke stoffen³⁰ als vermeld in VLAREM II, bijlage 2C, alleen geloosd kunnen worden als in de omgevingsvergunning emissiegrenswaarden zijn vastgesteld of als de concentratie lager is dan de toetsingswaarde. De toetsingswaarden zijn hetzelfde als voor lozing op oppervlaktewater (Figuur 4).

Bij een niet-ingedeelde lozing van bemalingswater gelden, zowel voor lozing op een waterloop als voor lozing op de openbare riolering, de kwaliteitseisen opgenomen in artikel 6.2.2.1.2. §5 van VLAREM II:

- De pH van het geloosde bemalingswater bedraagt niet meer dan 9 of niet minder dan 6,5. Voor de bepaling van de grenswaarden van de pH kan de natuurlijke pH van het grondwater, vermeld in artikel 2 van bijlage 2.4.1, die bij dit besluit is gevoegd, aangenomen worden als die pH meer dan 9 of minder dan 6,5 bedraagt.
- Het biochemische zuurstofverbruik (BZV) in vijf dagen bij 20 °C in het geloosde bemalingswater bedraagt niet meer dan 25 milligram zuurstofverbruik per liter.
- In het geloosde bemalingswater wordt 60 milligram per liter voor de zwevende stoffen (ZS) niet overschreden.

Ook bij een lozing op gemengde riolering of de droogweerafvoer kunnen hoogteconstructies noodzakelijk zijn en/of kan het nodig zijn om voet- en/of fietspaden te kruisen (zie [bijlage 6.9](#)).

6 Referentielijst

- [a] Willems P., 2024. *“COOCK project Grondwaterbeheersing bij bouwprojecten: Analyse hergebruik bemalingswater”*, Rapport deelstudie KU Leuven voor Embuild Vlaanderen en Buildwise i.k.v. VLAIO COOCK project “Grondwaterbeheersing bij bouwprojecten”, mei 2024, 25 pp.

<https://www.grondwaterindebouw.be/wp-content/uploads/2024/11/COOCK->

³⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=69702>

[grondwater KULEuven-mei2024.pdf](#)

- [b] Goossens G., Denies N., Van Herreweghe J., Bleys B., 2024. *Is nuttig gebruik van bemalingswater mogelijk?* Buildwise artikel 2024-01.05.

Bijlage 6.7: Stroomschema's wetgeving

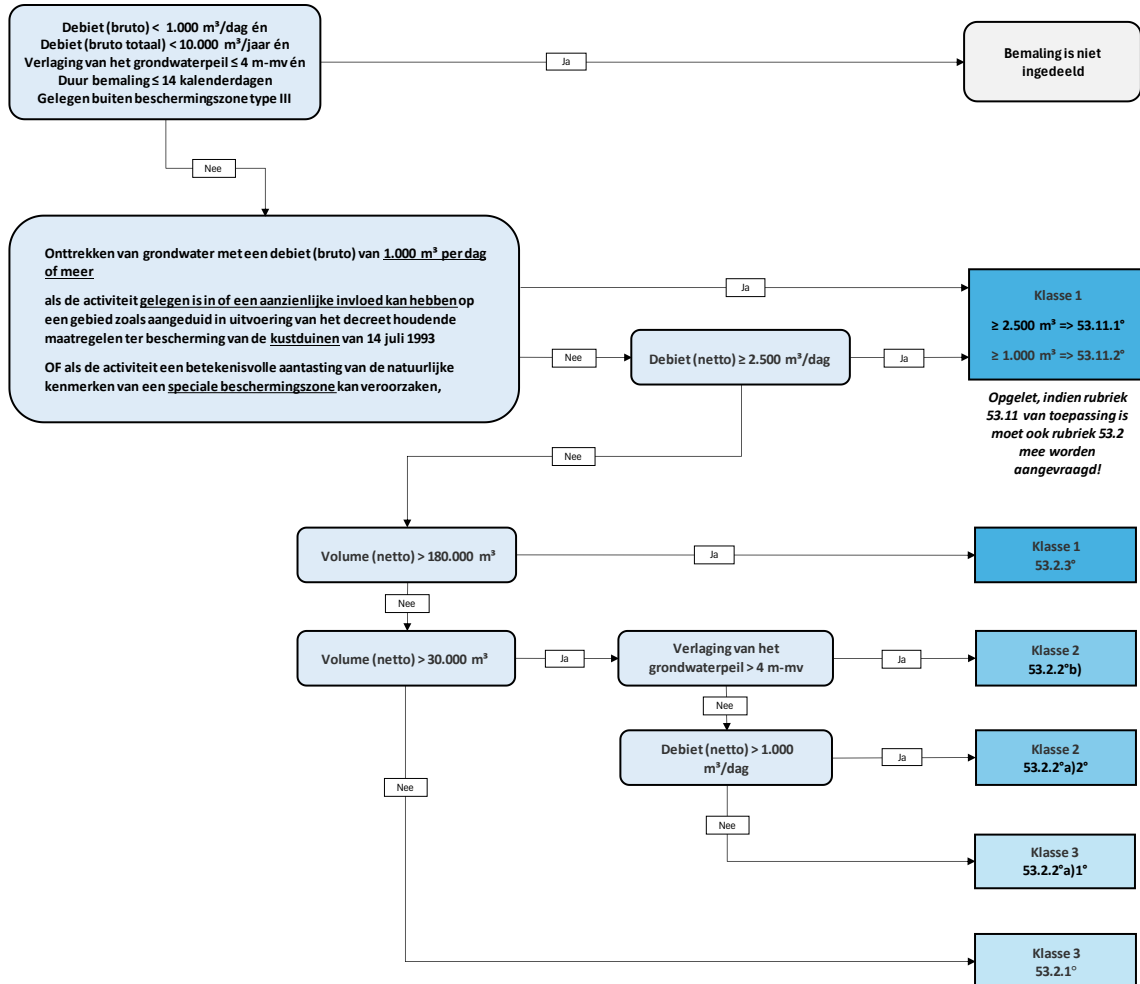
Stroomschema 1: klasse-indeling tijdelijke bemaling (rubrieken 53.2 en 53.11)

opgelet : debieten en volumes in stroomschema **per IIOA**

Ingedeelde bemaling toegelaten in type III waterwingebied en beschermingszone

in type I en type II zijn boringen dieper dan 2,5 m niet toegelaten

in type I is gunstig advies van de drinkwatermaatschappij vereist

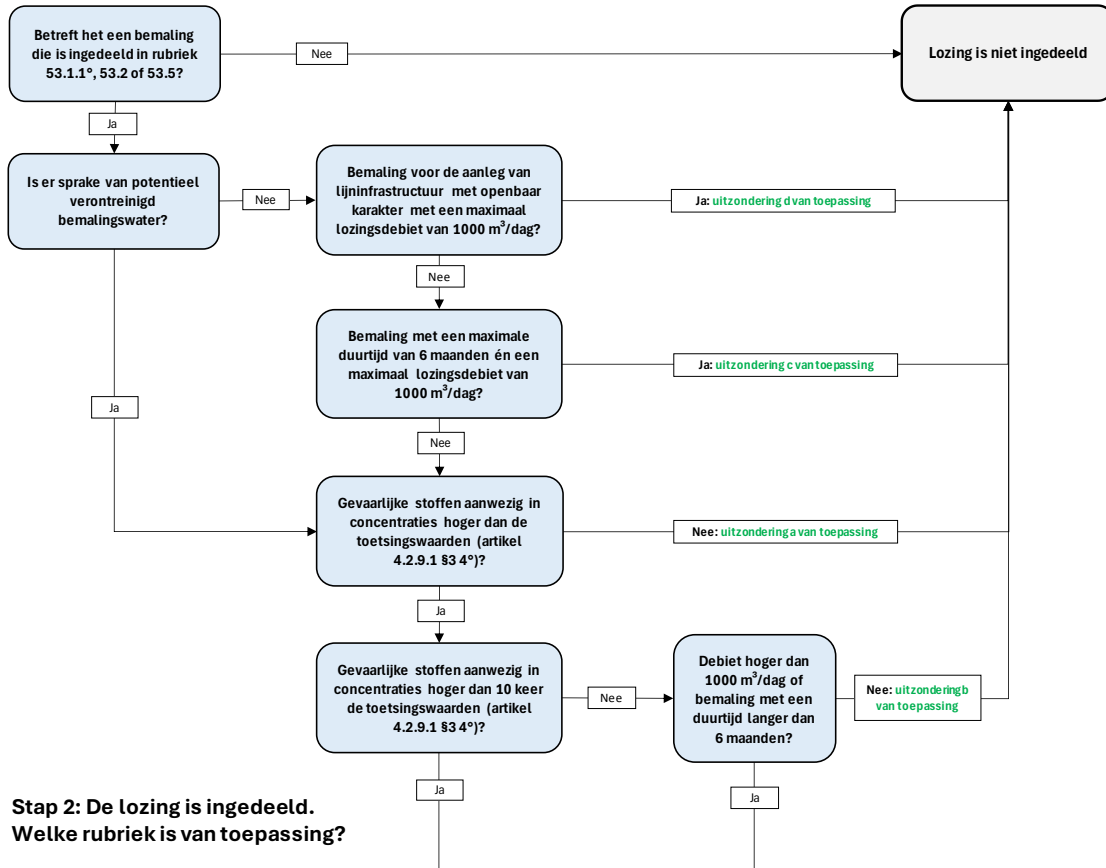


Bijlage 6.7: Stroomschema's wetgeving

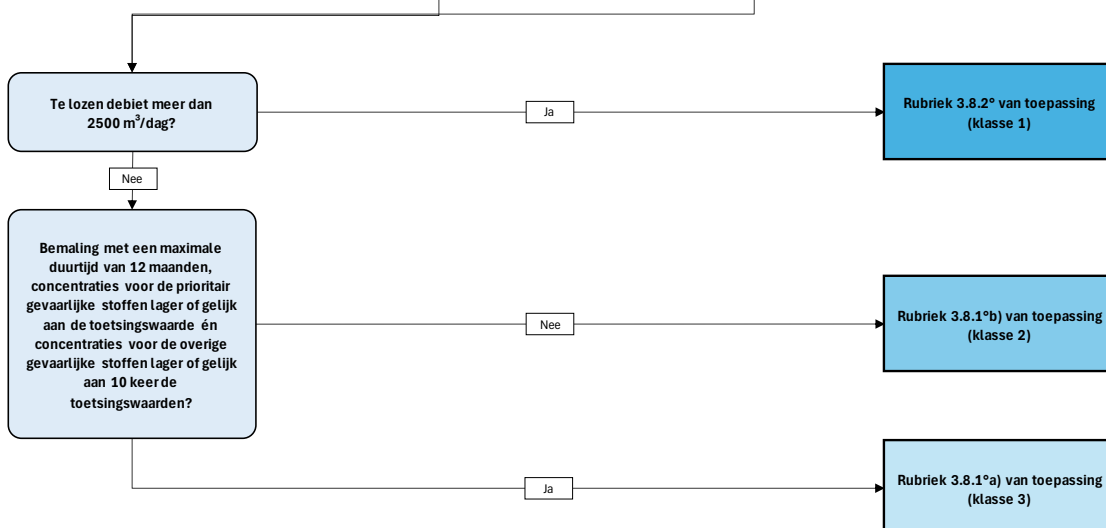
Stroomschema 2: lozing van bemalingswater (rubriek 3.8)

opgelet : het toepassen van een afvalwaterzuiveringsinstallatie is inbegrepen in deze rubriek

Stap 1: Is de lozing van bemalingswater ingedeeld?



Stap 2: De lozing is ingedeeld. Welke rubriek is van toepassing?



Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.8 – Wettelijke randvoorwaarden

Deze bijlage geeft een overzicht van wettelijke randvoorwaarden waarmee rekening moet gehouden worden bij het opstellen van een bemalingsconcept en het uitvoeren van een bemaling.

Verwijzingen naar de meest recente versie van wetteksten worden in dit document opgenomen in de voetnoten.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Aan te vragen rubrieken	5
2.1	Rubriek 53.1: proefbemalingen	5
2.2	Rubrieken 53.2 en 53.11: tijdelijke bemalingen	5
2.3	Rubriek 53.5: bemalingen voor onderhoudswerken	6
2.4	Rubriek 53.8: nuttig gebruik van bemalingswater	7
2.5	Rubriek 3.8: lozen van bemalingswater	7
2.6	Niet-ingedeelde tijdelijke bemalingen en lozingen	9
2.6.1	Niet-ingedeelde tijdelijke bemalingen	9
2.6.2	Niet ingedeelde lozingen	9
3	De vergunningsaanvraag en melding	11
3.1	Het Omgevingsloket	11
3.2	Procedure en doorlooptijden	12
3.3	Aanplakkingen	13
3.4	Aandachtspunten	13
3.5	Veranderingen van de IIOA	14
3.5.1	Verandering van de vergunning/aktename	14
3.5.2	Verzoek tot bijstelling van voorwaarden	14
3.5.3	Verlenging of hernieuwing	15
3.5.4	Geen verandering noodzakelijk	15
4	Algemene en sectorale voorwaarden (VLAREM II)	16
4.1	Het uitvoeren van een bemaling	16
4.2	Het uitvoeren van een proefbemaling	18
4.3	Het lozen van bemalingswater	18
5	Voorwaarden van toepassing op niet-ingedeelde bemalingen of lozingen	19
6	MER	19
7	VLAREL	20
7.1	Erkende laboratoria	20

7.2	Erkende boorbedrijven	21
8	Debietmeters.....	21

1 Inleiding

Sinds 1 januari 2018 vervangt de omgevingsvergunning de voormalige stedenbouwkundige en milieuvergunning (vervat in het Omgevingsvergunningsdecreet en -besluit). Ook de aanvraag voor vergunningsplichtige vegetatiewijzigingen ¹ werd geïntegreerd in de omgevingsvergunning. Dit betekent dat bij de opmaak van een melding/vergunningsaanvraag steeds moet nagegaan worden of het project ook een stedenbouwkundig luik of vegetatiewijziging omvat. Voor de beoordeling van stedenbouwkundige en milieuaspecten van een project worden sindsdien één openbaar onderzoek en één adviesronde georganiseerd, wat efficiënter is en moet leiden tot een betere besluitvorming.

Tijdelijke bemalingen, de lozing van bemalingswater en andere relevante grondwaterhandelingen (bv. winning van grondwater, boringen ...) worden door VLAREM II beschouwd als hinderlijke inrichtingen of activiteiten. Een indelingslijst van alle als hinderlijk beschouwde inrichtingen en activiteiten werd opgesteld als VLAREM II bijlage 1². Deze lijst bestaat uit rubrieken (zie paragraaf 2), die een omschrijving bevatten van de inrichting of activiteit. Aan elke rubriek is een klasse toegekend.

Voor de exploitatie van een dergelijke hinderlijke inrichting of activiteit is een omgevingsvergunning of melding noodzakelijk en weerspiegelt de klasse-indeling de mate van hinderlijkheid. Bemalingen en lozingen van de eerste en tweede klasse brengen de grootste risico's of hinder met zich mee en zijn dan ook vergunningsplichtig. Bemalingen en lozingen van de derde klasse veroorzaken de minste risico's of hinder en zijn meldingsplichtig. Enkele strikt afgebakende bemalingen en lozingen zijn niet ingedeeld (paragraaf 2.6). Een melding/omgevingsvergunning wordt steeds verleend voor de exploitatie van een ingedeelde inrichting of activiteit (IIOA). Dit is een geheel van activiteiten en inrichtingen die een samenhangend technisch geheel vormen³.

In principe moeten onlosmakelijk verbonden bouw- en exploitatie-elementen samen worden aangevraagd. Dit geldt evenwel niet voor de uitvoeringsfase. Eén alomvattende omgevingsvergunningsaanvraag voor het totaalproject blijft evenwel te verkiezen. De activiteiten van één globaal project en zijn omgevingseffecten moeten immers als één geheel beoordeeld worden, dit in functie van de effecten die zij kunnen voortbrengen voor mens en milieu. Dit betekent in de praktijk dat bij een vergunningsaanvraag voor een stedenbouwkundige handeling, best ook de vergunning/melding aangevraagd/ingediend wordt voor de bemaling die noodzakelijk is om de stedenbouwkundige handeling te realiseren. Indien toch een aparte vergunningsaanvraag/melding ingediend wordt voor de bemaling, dan moeten in het project-MER of de project-m.e.r.-screening voor het stedenbouwkundig luik ook de effecten van de bemaling (en de bijhorende lozing) beschreven worden (zie paragraaf 6). In de praktijk zal dus ook bij een aparte vergunningsaanvraag van de stedenbouwkundige handelingen reeds een bemalingsstudie beschikbaar moeten zijn indien er voor de bemaling een project-m.e.r.-screening moet worden uitgevoerd.

¹ <https://natuurenbos.vlaanderen.be/kle>

² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=69985&woLang=nl>

³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65093&woLang=nl>

2 Aan te vragen rubrieken

2.1 Rubriek 53.1: proefbemalingen

De aanleg en exploitatie van een grondwaterwinning voor de uitvoering van proefbemalingen gedurende minder dan één maand⁴ ressorteert onder rubriek 53.1.1⁵ in de indelingslijst en is meldingsplichtig (klasse 3). Bij het melden dient dan het bruto opgepompt volume voor de volledige proefperiode opgenomen te worden. Dit kan ingeschat worden op basis van de pompcapaciteit of op basis van een analytische berekening of numerieke modellering die gebaseerd is op een hypothetische aanname van de doorlatendheid van de beproefde aquifer. Gezien het echter nét het doel is van een proefbemaling om de geohydrologische karakteristieken van de ondergrond te bepalen, is dit een loutere inschatting van het volume.

Het is niet aangewezen om tegelijkertijd rubriek 53.1.1⁶ voor een proefbemaling én rubriek 53.2 voor de uiteindelijke bemaling aan te vragen. De resultaten van de proefbemaling dienen net te worden gebruikt als staving voor de volumes, verlaging en tijdsduur van de effectieve bemaling (zie paragraaf 4.2). Indien een proefbemaling toch mee aangevraagd wordt met de eigenlijke bemaling, moet dat gebeuren via rubriek 53.2, waarbij dan rekening moet gehouden worden met het voorziene debiet en de duurtijd voor de proef.

2.2 Rubrieken 53.2 en 53.11: tijdelijke bemalingen

Specifiek voor tijdelijke bemalingen die technisch noodzakelijk zijn voor de verwezenlijking van werken of de aanleg van nutsvoorzieningen (rubrieken 53.2.⁶ eventueel in combinatie met 53.11.⁷ in de indelingslijst) werd de indeling in vergunningsklassen grafisch uitgewerkt in een stroomschema in [bijlage 6.7](#) van deze richtlijnen. De klassegrenzen worden onder meer bepaald op basis van dagdebieten, netto opgepompte volumes per project en maximale grondwaterpeilverlagingen, maar ook op basis van de nabijheid van speciale beschermingszones en beschermde duingebieden (zie [bijlage 6.5](#)). Hierbij dient rekening gehouden te worden met volgende aandachtspunten:

- Om te bepalen of geografisch uitgestrekte projecten, zoals bv. riolerings- of leidingtrajecten, in deelfasen en dus ook meerdere omgevingsvergunningen kunnen opgesplitst worden, geldt de regel dat de opsplitsing enkel mag gebeuren op voorwaarde dat de deelfasen elkaar in ruimte en tijd niet beïnvloeden. Tussen de bemalingen van de verschillende deelfasen moet er dan ook het herstel van de grondwatertafel mogelijk geweest zijn. Als er wél onderlinge beïnvloeding is, dienen ze in één omgevingsvergunning behandeld te worden.
- Indien een vergunningsaanvraag/melding voor een gefaseerde bemaling niet wordt opgesplitst, dan moet de duurtijd tussen twee bemalingsfasen meegeteld worden om de totale duurtijd van de bemaling te bepalen. De einddatum van een vergunning wordt immers bepaald op basis van deze totale duurtijd, inclusief tussentijdse periodes zonder bemaling.

⁴ Indien men een proefbemaling wil uitvoeren met een duurtijd langer dan 1 maand dan moet men hiervoor rubriek 53.2 aanvragen.

⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70325&woLang=nl>

⁶ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70326&woLang=nl>

⁷ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70335&woLang=nl>

- Het netto opgepompt volume geldt voor de totale duurtijd van de bemaling ongeacht in welk kalenderjaar deze worden uitgevoerd.
- Voor het berekenen van het netto opgepompt volume is het aan te bevelen een zekere doch realistische marge in rekening te brengen. Indien een bepaalde vergunningsklasse dreigt overschreden te worden, is het aangeraden voorzichtigheid in te bouwen en een hoger volume aan te vragen, bv. door de duurtijd te verhogen of de doorlatendheid te verhogen. De effecten van deze verhogingen moeten wel mee opgenomen worden in de impactbepaling. Er mag niet louter een marge genomen worden op het berekende volume.
- Het is belangrijk te bepalen of de verlaging van de grondwaterstand al dan niet meer dan 4 meter onder het maaiveld reikt. Voor het ontegensprekelijk vastleggen van de geplande grondwaterverlaging geldt het volgende:
 - Het bemalingspeil waar bij opmaak van de bemalingsstudie en het bepalen van de juiste klasse-indeling rekening mee moet gehouden worden, ligt 0,5 m onder het beoogde uitgravingspeil van de bouwput of sleuf⁸.
 - In de ontwerpfasen kan gebruik gemaakt worden van de ontwerpplannen. Hierbij wordt rekening gehouden met het hoogste maaiveldpeil onder de footprint van de constructie en de diepste uitgravingszones, ongeacht het tijdelijk karakter ervan (bv. liftput, pompput, funderingszolen ...). In het geval van lijntrajecten moet op elk punt van het tracé de aanlegdiepte van de leidingen ten opzichte van het maaiveldpeil bepaald worden, eventueel opgesplitst in deeltrajecten. Aangezien in dergelijke dossiers het huidige maaiveldpeil is opgemeten en het leidingtracé in doorsnede wordt ingetekend op de ontwerpplannen, is de bepaling van de diepte van de bemaling onder het maaiveldpeil mogelijk op basis van de ontwerpplannen. Voor lijntrajecten geldt dus de maximale verlaging per traject ten opzichte van het lokale maaiveld en niet ten opzichte van het maximale maaiveldpeil langsheen het gehele traject.
- De afpompingsdiepte in de filters/bronnen zelf zal altijd dieper dan 4 meter onder het maaiveld reiken indien een centrale verlaging tot 4 meter onder het maaiveld beoogd wordt.

2.3 Rubriek 53.5: bemalingen voor onderhoudswerken

Rubriek 53.5 is een rubriek die van toepassing is voor permanente bemalingen, zoals bv. permanente bemalingen voor het exploiteren van tunnels of voor de waterbeheersing van mijnverzakkingsgebieden⁹.

Deze rubriek kan echter ook van toepassing zijn voor regelmatig noodzakelijke, tijdelijke bemalingen van beperkte omvang, die worden uitgevoerd in kader van het onderhoud en eventueel herstellen van ondergrondse constructies op grote terreinen. In praktijk kan het uitvoeren van deze tijdelijke bemalingen ertoe leiden dat op dergelijke terreinen vrijwel continu bemalingsactiviteiten plaatsvinden, zij het telkens op een andere locatie. Om te vermijden dat voor deze bemalingen telkens rubriek 53.2 moet worden aangevraagd en om de administratieve last die dit met zich meebrengt te beperken, is de mogelijkheid gecreëerd om het geheel van bemalingen in het kader van onderhoudswerken als

⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8198&woLang=nl>

⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=70329&woLang=nl>

permanente bemaling aan te vragen via rubriek 53.5.3°. De aanvraag van deze rubriek moet in dergelijk geval onderbouwd worden met een studie die een *worst case* benadering vormt ten aanzien van mogelijke receptoren, waardoor de vergunningverlener specifieke voorwaarden kan opnemen die de bemaling mogelijk maken.

Opgelet, deze rubriek kan niet aangevraagd worden voor het uitvoeren van bemalingen voor de aanleg van nieuwe constructies op terreinen. Hiervoor moet steeds rubriek 53.2 worden aangevraagd.

2.4 Rubriek 53.8: nuttig gebruik van bemalingswater

Het nuttig gebruik van bemalingswater is tot en met 5.000 m³/jaar inbegrepen in de bemalingsrubriek (zie ook [bijlage 6.6](#)). Zo kan het bemalingswater bv. ter beschikking gesteld worden aan groendiensten of ten behoeve van een productieproces. Indien grotere volumes nuttig gebruikt worden, moet bijkomend rubriek 53.8¹⁰ aangevraagd worden (en dit voor het volledige volume).

2.5 Rubriek 3.8: lozen van bemalingswater

Sinds 8 april 2025 is de lozing van bemalingswater ingedeeld in de subrubriek 3.8 onder rubriek 3¹¹. Enkel lozingen van bemalingen die ingedeeld zijn in de rubrieken 53.1, 1°, 53.2 of 53.5 kunnen onder rubriek 3.8 vallen. Ook voor rubriek 3.8 werd de indeling in vergunningsklassen grafisch uitgewerkt in een stroomschema in [bijlage 6.7](#) van deze richtlijnen.

De wettelijke bepalingen omtrent het lozen van bemalingswater zijn gekoppeld aan de kwaliteit van het te lozen water, de duurtijd van de bemaling en het dagdebiet van de lozing. De eerste vraag die hierbij moet gesteld worden is of het bemalingswater al dan niet verontreinigd kan zijn. Onder verontreinigd bemalingswater wordt bedoeld bemalingswater met een concentratie gevaarlijke stoffen (GS), zoals opgenomen in VLAREM II bijlage 2C¹², hoger dan de toetsingswaarde¹³ (zie [bijlage 6.6](#)). Onder gevaarlijke stoffen vallen ook de prioritair gevaarlijke stoffen (PGS) die aangeduid staan in lijst III van bijlage 2C.

Behoudens enkele uitzonderingen (zie paragraaf 2.6.2 of het stroomschema in [bijlage 6.7](#) van deze richtlijnen) ressorteert de lozing van verontreinigd bemalingswater onder rubriek 3.8 en wordt deze aanzien als een ingedeelde inrichting of activiteit. Of het bemalingswater effectief verontreinigd is, kan pas met zekerheid bevestigd worden na een staalname en -analyse bij opstart van de bemaling. Tijdens de studiefase moet dus een inschatting gemaakt worden van de kwaliteit van het bemalingswater om af te leiden of de lozing ingedeeld zal zijn en zo ja, welke subrubriek geldig is. Het is van belang om op voorhand zo goed als mogelijk in te schatten wat de te verwachten concentraties aan gevaarlijke stoffen zijn.

Om deze inschatting in studiefase te kunnen maken, werd de term 'potentieel verontreinigd bemalingswater' gedefinieerd. Potentieel verontreinigd bemalingswater is bemalingswater dat opgepompt zal worden op een locatie waar verontreinigende stoffen potentieel in het grondwater aanwezig zijn. Daaronder wordt verstaan: bemalingswater dat afkomstig is van één of meer filters of onttrekkingspunten die hetzij volledig of gedeeltelijk, hetzij op een afstand van minder dan 20 m liggen

¹⁰ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=70332&woLang=nl>

¹¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=92007&woLang=nl>

¹² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=69702&woLang=nl>

¹³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91019&woLang=nl>

van een perceel dat aan minstens één van de volgende voorwaarden voldoet¹⁴:

1. het perceel behoort tot een risicoground als vermeld in het Bodemdecreet van 27 oktober 2006, tenzij er voor de betreffende risicoactiviteit een decretaal bodemonderzoek conform het VLAREBO-besluit van 14 december 2007 is uitgevoerd;
2. voor het perceel is een decretaal bodemonderzoek conform het VLAREBO-besluit van 14 december 2007 uitgevoerd;
3. op het perceel heeft zich een schadegeval voorgedaan als vermeld in het Bodemdecreet van 27 oktober 2006;
4. op minstens een deel van het perceel zijn door de overheid voorwaarden of beperkende maatregelen voor het gebruik van grondwater afgekondigd vanwege de vermoedelijke of aangetoonde aanwezigheid van verontreinigende stoffen¹⁵.

Opgelet, bemalingswater kan verontreinigd zijn ook al wordt dit op basis van de bovenvermelde vier voorwaarden (en bijhorende statuut als potentieel verontreinigd bemalingswater) niet verwacht. Zo kunnen bv. regionaal verhoogde concentraties van zware metalen¹⁶ zorgen voor verontreiniging van het bemalingswater, ook al is er op basis van de vier punten hierboven geen sprake van potentieel verontreinigd bemalingswater. De terminologie van potentieel verontreinigd bemalingswater is dus louter gebaseerd op een evaluatie van de betrokken percelen en de verwachting dat bemalingswater op die percelen mogelijk in aanraking is gekomen met verontreinigende stoffen.

De toepassing van een afvalwaterzuiveringsinstallatie is reeds vervat in rubriek 3.8. Er moet dus geen aparte rubriek voor worden aangevraagd. Wanneer het bemalingswater vóór lozing wordt gezuiverd, kan voor de klasse-indeling worden uitgegaan van de kwaliteit van het gezuiverde water. Ook voor het beoordelen of de lozing onder één van de uitzonderingen valt, mag de kwaliteit van het na zuivering bekomen bemalingswater als referentie worden genomen (zie ook paragraaf 2.6.2). Een lozing, inclusief zuivering, kan dus onder een uitzondering vallen, waardoor er zowel voor de lozing als voor de zuivering geen rubriek moet worden aangevraagd.

Indien rubriek 3.8 moet aangevraagd worden, dan moeten bij de vergunningsaanvraag/melding gemotiveerd verhoogde lozingsnormen worden aangevraagd voor de relevante gevaarlijke stoffen die in concentraties boven de toetsingswaarden verwacht worden (zie ook [bijlage 6.7](#)). Voor de tijdelijke lozingen van bemalingswater waarvoor meldingsplicht volstaat, worden de toegelaten concentraties van de prioritaire gevaarlijke stoffen beperkt tot maximaal 1 keer de toetsingswaarde omdat deze stoffen persistent, bioaccumulerend en toxisch zijn (bv. PFAS). Voor het aanvragen van verhoogde lozingsnormen moet een bijstelling aangevraagd worden van artikel 4.2.9.1. van de algemene milieuvoorwaarden van VLAREM II¹⁷. Voor meer informatie wordt verwezen naar de handleiding bij het handelingskader voor lozing van bemalingswater op oppervlaktewater.

¹⁴ <https://www.milieuinfo.be/confluence/pages/viewpage.action?pageId=319686676>

¹⁵ Dit zijn momenteel voornamelijk de no regret zones die omwille van het vermoedelijk of aangetoond voorkomen van PFAS zijn vastgesteld.

¹⁶ Of er regionaal verhoogde concentraties aan gevaarlijke stoffen voorkomen in het freatisch grondwater, kan nagekeken worden voor grondwaterlocaties met publieke metingen (themaoket Freatisch grondwater op DOV).

¹⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91019&woLang=nl>

2.6 Niet-ingedeelde tijdelijke bemalingen en lozingen

2.6.1 Niet-ingedeelde tijdelijke bemalingen

Sinds 8 april 2025 moet er voor een tijdelijke bemaling geen vergunning worden aangevraagd noch een melding worden ingediend indien aan alle onderstaande voorwaarden voldaan wordt:

- Het bruto¹⁸ opgepompt debiet moet kleiner zijn dan 1.000 m³/dag;
- Het totaal bruto opgepompt volume moet kleiner zijn dan 10.000 m³ per jaar;
- Het grondwaterpeil mag maximaal tot 4 m-mv verlaagd worden;
- De duurtijd van de bemaling mag maximaal 14 aaneengesloten (kalender)dagen bedragen.

Deze uitzondering d bij rubriek 53 werd specifiek in het leven geroepen voor zeer kortstondige bemalingen met een beperkt debiet/volume, bv. voor de aanleg van een regenwaterput, de herstelling van een ondergrondse leiding of riolering of het uitvoeren van een archeologisch vooronderzoek. Deze uitzondering geldt niet in een beschermingszone type III rond een grondwaterwinning (zie [bijlage 6.5](#)).

Opgelet, deze vrijstelling ontslaat de verantwoordelijke instantie/persoon niet van enige voorzichtigheid. Ook indien de bemaling niet ingedeeld is, moeten er indien nodig voorzorgen genomen worden om schade te voorkomen. Twee voorbeelden:

- Indien er bemaald wordt in zettingsgevoelige gronden, is het ook voor niet ingedeelde bemalingen noodzakelijk om maatregelen te nemen om schade aan naburige infrastructuur te voorkomen.
- Indien men een niet ingedeelde bemaling wil uitvoeren naast een perceel waar een bodemsanering wordt uitgevoerd, is het raadzaam hierover in overleg te treden met de erkende bodemsaneringsdeskundige.

Tevens moet er rekening gehouden worden met enkele wettelijke verplichtingen, zoals bv. het voorzien van een debietmeter en het volgen van de bemalingscascade (zie paragraaf 5).

2.6.2 Niet ingedeelde lozingen

[Bijlage 6.7](#) bevat een stroomschema om de klasse-indeling af te leiden of de lozing onder een uitzondering valt en daardoor niet ingedeeld is. Bij het afleiden zijn de termen 'duurtijd' en 'debiet' van belang. De duurtijd van de bemaling waar rekening mee moet gehouden worden is de duurtijd zoals die vergund is, dus inclusief eventuele tussentijdse periodes zonder bemaling. Het debiet is het maximale lozingsdebiet van de aangevraagde bemaling.

Er zijn 4 uitzonderingen van toepassing bij rubriek 3.8:

- a. Als in het te lozen bemalingswater de concentraties gevaarlijke stoffen kleiner of gelijk zijn dan de toetsingswaarde (VLAREM II artikel 4.2.9.1 §3, 4°), dan geldt uitzondering a bij rubriek 3.8. Dit geldt zowel voor potentieel verontreinigd bemalingswater als voor niet-potentieel verontreinigd bemalingswater. Indien er sprake is van potentieel verontreinigd bemalingswater, maar uit de beschikbare informatie blijkt dat er geen verontreinigd bemalingswater verwacht wordt (m.a.w. geen gevaarlijke stoffen aanwezig in concentraties hoger dan de toetsingswaarden), dan geldt eveneens uitzondering a. Deze informatie kan bv. verzameld worden door een

¹⁸ Voor meer uitleg over het verschil tussen het netto-debiet en bruto-debiet wordt verwezen naar de begrippenlijst ([bijlage 6.1](#)).

staalname uit te voeren van grondwater uit een representatieve peilbuis (zie paragraaf 2.5 in [bijlage 6.3](#)) of kan afgeleid worden uit een decretaal bodemonderzoek dat op de projectlocatie werd uitgevoerd. Als bv. uit een decretaal bodemonderzoek voor een historische risico-inrichting blijkt dat er geen verhoogde concentraties gevaarlijke stoffen werden gemeten, dan kan er gesteld worden dat er geen verontreinigd bemalingswater verwacht wordt, op voorwaarde dat er na het uitvoeren van het bodemonderzoek geen nieuwe risico-inrichting aanwezig was op de site. Ook wanneer het bemalingswater gezuiverd wordt tot concentraties lager dan de toetsingswaarden, dat geldt uitzondering a.

- b. Bij bemalingen van een beperkte omvang (lozingsdebiet $\leq 1.000 \text{ m}^3/\text{dag}$ én duurtijd van de bemaling ≤ 6 maanden) is de lozing eveneens niet ingedeeld, ook al bevat het bemalingswater concentraties gevaarlijke stoffen tot maximaal 10 keer de toetsingswaarde (uitzondering b bij rubriek 3.8). Onder gevaarlijke stoffen vallen in dit geval zowel de prioritair gevaarlijke stoffen als de niet prioritair gevaarlijke stoffen. Er wordt dan in de vergunningsaanvraag/melding voor de bemaling gespecificeerd voor welke gevaarlijke stoffen een overschrijding van de toetsingswaarde verwacht wordt. Echter mag onder deze uitzondering voor elke gevaarlijke stof de concentratie maximaal tot 10 keer de toetsingswaarde bedragen.
- c. Indien het bemalingswater niet het statuut heeft van potentieel verontreinigd bemalingswater (zie paragraaf 2.5), dan zijn lozingen beperkt in de tijd (duurtijd bemaling maximaal 6 maanden) en debiet van de lozing (maximaal $1.000 \text{ m}^3/\text{dag}$) niet ingedeeld (uitzondering c bij rubriek 3.8). Voor deze bemalingen is te verwachten dat het bemalingswater niet verontreinigd zal zijn. De debieten of tijdsduur zijn beperkt waardoor de impact indien er onverwacht toch nog verontreinigende stoffen in het bemalingswater zouden zitten boven de toetsingswaarde, beperkt is.
- d. Ook bij de bemaling voor een lijntraject geldt dat een bemaling met een beperkt lozingsdebiet (maximaal $1.000 \text{ m}^3/\text{dag}$) niet ingedeeld is (uitzondering d bij rubriek 3.8). Deze uitzondering is mogelijk voor de aanleg van lijninfrastructuur met een openbaar karakter (bv. riolering, waterleiding, andere nutsleidingen). Dergelijke projecten worden gekenmerkt door een bemaling die mee opschuift met de werken en waarvoor per traject de bemalingsduur beperkt is.

Een voorbeeld:

- Indien een concentratie arseen (gevaarlijke stof) van ca. 5 keer de toetsingswaarde verwacht wordt in het bemalingswater, het te lozen debiet maximaal $2.500 \text{ m}^3/\text{dag}$ bedraagt, en men niet onder uitzondering b valt, kan rubriek 3.8.1°a) aangevraagd worden (klasse 3) met een verhoogde lozingsnorm voor arseen. Deze verhoogde lozingsnorm moet gevraagd worden in de melding/omgevingsvergunningsaanvraag. Dit betekent dat het bemalingswater dat geloosd wordt, een concentratie arseen mag bevatten die maximaal de verhoogde lozingsnorm bedraagt die werd toegestaan door de bevoegde overheid. Indien bij opstart van de bemaling de concentratie arseen lager of gelijk is aan de verhoogde lozingsnorm, dan mag het bemalingswater zonder meer geloosd worden. Indien de concentratie arseen hoger is dan de verhoogde lozingsnorm, dan mag het bemalingswater slechts geloosd worden indien de concentratie via een waterzuivering verlaagd wordt tot maximaal de verhoogde lozingsnorm.
- In dit scenario kan men er eveneens voor opteren om geen aanvraag voor rubriek 3.8 in te dienen en onder uitzondering a te ressorteren, op voorwaarde dat de arseenconcentratie door zuivering wordt verlaagd tot de toepasselijke toetsingswaarde voor lozing.

Voor niet-ingedeelde lozingen van bemalingswater gelden steeds de voorwaarden van afdeling 6.2.2. van VLAREM II¹⁹.

3 De vergunningsaanvraag en melding

3.1 Het Omgevingsloket

Een omgevingsvergunning of melding moet digitaal worden aangevraagd of ingediend via het online Omgevingsloket²⁰.

Bij de aanvraag van de IIOA voor de bemaling fungeren de vragen uit addendum R53B als basis voor de informatie die minimaal moet worden aangeleverd²¹. Zo moet er bv. een berekend debiet, totaal volume en effectbeoordeling worden opgegeven. Deze zaken worden idealiter bestudeerd in een bemalingsstudie, die als bijlage kan worden toegevoegd aan de aanvraag/melding.

De vergunningverlenende overheid, die de vergunbaarheid van aanvragen beoordeelt, is opgesplitst in drie afzonderlijke niveaus²²:

- De Vlaamse Regering is bevoegd voor aanvragen die omwille van hun strategisch belang op een lijst met Vlaamse projecten worden vermeld²³ en voor aanvragen die provinciegrenzen overschrijden.
- De deputatie van een provincie is bevoegd voor aanvragen die omwille van hun bovenlokale belang of hun belangrijke impact op de omgeving op een lijst met provinciale projecten worden vermeld²⁴, voor IIOA's die gemeentegrenzen overschrijden en voor IIOA's van de eerste klasse die geen Vlaams project zijn.
- Het college van burgemeester en schepenen (CBS) van een specifieke gemeente is bevoegd voor alle andere omgevingsvergunningsaanvragen alsook meldingen (klasse 2-aanvragen en klasse 3-meldingen, gelegen binnen de bevoegde gemeentegrenzen, die geen Vlaams of provinciaal project zijn) en voor klasse 3-meldingen van Vlaamse projecten.

Bij aanvragen door de gemeente of de provincie zelf gelden specifieke regels²⁵.

Voor een omgevingsvergunningsaanvraag is een dossiertsaks verschuldigd. Bij een vergunningsaanvraag op gemeentelijk niveau (bij het college van burgemeester en schepenen) kan op de website bij de betrokken overheid nagegaan worden of er een dossiertaks verschuldigd is en wanneer/hoe die moet betaald worden. Voor omgevingsvergunningsaanvragen bij de deputatie van een provincie of bij de Vlaamse Regering kunnen schema's geraadpleegd worden via de website van het Omgevingsloket²⁶.

¹⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=23941&woLang=nl>

²⁰ <https://omgevingsloket.omgeving.vlaanderen.be/>

²¹ <https://www.vlaanderen.be/omgevingsvergunning/formulieren-en-addenda-toelichtingsnotas-en-normenboeken>

²² <https://www.vlaanderen.be/omgevingsvergunning/bij-welke-overheid-en-hoe-moet-ik-mijn-omgevingsvergunning-aanvragen#beslissingsboom>

²³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65922&woLang=nl>

²⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65922&woLang=nl>

²⁵ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=71320&woLang=nl>

²⁶ <https://www.vlaanderen.be/omgevingsvergunning/dossiertsaks-bij-aanvraag>

3.2 Procedure en doorlooptijden

Een aanvraag voor het bekomen van een vergunning voor een IIOA verloopt via een gewone procedure (105 à 120 dagen) of via een vereenvoudigde procedure (60 dagen). De termijn start na de ontvankelijk en volledigheidsverklaring (in principe max. 30 dagen na indiening). De uitvoering van de vergunning kan pas starten als de vergunning definitief verleend is. Dit wil zeggen wanneer de termijn om administratief beroep aan te tekenen voorbij is en er geen beroep werd aangetekend. Voor aanvragen die door het CBS of de provincie worden beslist, betekent dit 35 dagen na de dag van aanplakking van de beslissing. Vergunningen die op het Vlaamse niveau worden verleend kunnen onmiddellijk worden uitgevoerd.

Een vereenvoudigde procedure is o.a. van toepassing voor beperkte veranderingen aan een reeds vergunde inrichting, maar ook voor tijdelijke inrichtingen van klasse 2 of 1 (activiteiten met vermelding T in indelingslijst) met een duur van maximaal 1 jaar, bv. bemalingen voor bouwkundige werken (maximaal één keer verlengbaar)²⁷. De vereenvoudigde procedure kan niet worden toegepast indien de opmaak van een project-MER noodzakelijk is of indien een passende beoordeling opgemaakt moet worden in het kader van een speciale beschermingszone (**bijlage 6.5**).

Wanneer geen beslissing wordt genomen binnen de vooropgestelde termijn, wordt dit beschouwd als een weigering van de omgevingsvergunning.

Voor klasse 3 inrichtingen volstaat een aktename, die bekomen wordt maximaal 20 dagen na indiening van de melding²⁸. Indien er na 20 dagen geen aktename bekomen is, volgt de 21^{ste} dag een stilzwijgende goedkeuring. Indien er akte genomen is van de melding, moet dit bekendgemaakt worden door het aanplakken via een gele affiche in A2 formaat. Een meldingsplichtige activiteit mag worden opgestart onmiddellijk na de betekening van aktename aan de persoon die de melding heeft verricht.

Via het Omgevingsloket kan een bijstelling van de vergunningsvoorwaarden aangevraagd worden. De doorlooptijd bedraagt 105 dagen indien geen advies van de omgevingsvergunningscommissie vereist is en 120 dagen indien een advies van de omgevingsvergunningscommissie vereist is²⁹.

²⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=67307&woLang=nl>

²⁸ Volgens art. 111 van het decreet modulaire omgevingsvergunningsprocedure en omgevingsbesluit, dat op 17 mei 2024 werd bekrachtigd door de Vlaamse Regering, wordt de beslissingstermijn over de melding op dertig dagen gebracht, maar dit decreet is evenwel nog niet in voege. Het uitvoeringsbesluit werd een eerste keer principieel goedgekeurd op 6 juli 2024. Momenteel (januari 2026) is de termijn overeenkomstig art. 111 van het Omgevingsvergunningsbesluit nog steeds twintig dagen als de melding louter betrekking heeft op de exploitatie van een ingedeelde inrichting of activiteit van de derde klasse. De meest recente wijzigingen aan de wetgeving kunnen geraadpleegd worden via <https://omgeving.vlaanderen.be/nl/decreten-en-uitvoeringsbesluiten>.

²⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65580&woLang=nl>

Tabel 1: Overzicht van de doorlooptijden en procedures met betrekking tot vergunningsaanvragen en meldingen. De doorlooptijden zijn weergegeven in dagen en betreffen steeds het maximale aantal dagen.

Doorlooptijden vergunningsaanvraag/melding (dagen)	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3
Aktename	<i>nvt</i>	<i>nvt</i>	20
Ontvankelijk- en volledigheidverklaring	30	30	<i>nvt</i>
Gewone procedure OF	105 à 120	105 à 120	<i>nvt</i>
Vereenvoudigde procedure	60	60	<i>nvt</i>
Bijkomende beroepstermijn	35	35	<i>nvt</i>
Totale doorlooptijd gewone procedure OF	170 à 185	170 à 185	<i>nvt</i>
Totale doorlooptijd vereenvoudigde procedure	125	125	<i>nvt</i>

3.3 Aanplakkingen

Indien een openbaar onderzoek georganiseerd wordt, indien een vergunning verleend is of indien een aktename voor een melding bekomen is, moet dit kenbaar gemaakt worden via het aanplakken van een gele affiche op A2-formaat³⁰. Deze aanplakking is tevens noodzakelijk bij een weigering indien de gewone vergunningsprocedure is doorlopen. De datum van het aanplakken van de affiche moet gemeld worden via het Omgevingsloket.

Een dergelijke affiche moet zichtbaar en leesbaar zijn vanaf alle openbare wegen die grenzen aan de locatie waar de ingedeelde inrichting of activiteit zal worden uitgevoerd. Als het voorwerp van de melding of vergunningsaanvraag niet paalt aan een openbare weg, dan wordt de affiche aangeplakt op een plaats aan de dichtstbijzijnde openbare weg.

3.4 Aandachtspunten

Bij het aanvragen van een omgevingsvergunning of het indienen van een melding, moet met volgende aandachtspunten rekening gehouden worden:

- Bij het verlenen van een vergunning voor een bemaling kan de bevoegde overheid de vergunningstermijn bepalen. De maximale geldigheidsduur van een omgevingsvergunning voor de inrichtingen of de activiteiten, vermeld in rubriek 53.2, is evenwel 5 jaar³¹. Voor inrichtingen of activiteiten vermeld in rubriek 53.5 is de maximale geldigheidsduur 20 jaar. Aktenames van meldingen zijn van onbepaalde duur en hebben geen vervaldatum. Uiteraard kan de bemaling niet langer duren dan het werk waarvoor de bemaling nodig is. Opgelet, de maximaal toegestane duurtijd van een vergunningsplichtige bemaling kan steeds verder beperkt worden in de tijd door de vergunningverlenende overheid.
- Een omgevingsvergunning³² en een melding³³ voor de exploitatie van de bemaling vervallen van rechtswege indien de bemaling niet aanvangt binnen 5 jaar na het verlenen van de definitieve omgevingsvergunning/aktename. Ze vervalt eveneens indien het uitvoeren van de bemaling meer dan 5 opeenvolgende jaren wordt onderbroken.

³⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=67381&woLang=nl>

³¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=92005&woLang=nl>

³² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65477&woLang=nl>

³³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65547&woLang=nl>

- Na het verkrijgen van een vergunning kunnen de exploitatie en de vergunning overgedragen worden aan een andere exploitant³⁴. De bevoegde overheid moet voorafgaandelijk aan de overdracht op de hoogte gebracht worden door middel van een melding van overdracht via het Omgevingsloket. Opgelet, indien een omgevingsvergunning meerdere ingedeelde inrichtingen omvat, dan zal de overdracht via melding al deze rubrieken omvatten.

De overdracht van een meldingsakte moet niet verplicht worden gemeld aan de bevoegde overheid. Toch is het raadzaam de bevoegde overheid op de hoogte te brengen³⁵.

3.5 Veranderingen van de IIOA

Soms moeten er veranderingen doorgevoerd worden aan de exploitatie zoals vergund of geakteerd. Zo kan bij opstart van een bemaling blijken dat het voorziene bemalingsconcept niet volstaat of de voorziene bestemming van het bemalingswater moet gewijzigd worden. Algemeen, en voorafgaand aan de volgende paragrafen, moet bij een wijziging van een bemaling nagegaan worden of de algemene, sectorale én bijzondere voorwaarden uit de omgevingsvergunning/aktenaamerespecteerd blijven.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van welke procedures kunnen gevolgd worden in welke situaties.

3.5.1 Verandering van de vergunning/aktenaam

In sommige gevallen is het noodzakelijk een verandering van de vergunning/aktenaam aan te vragen (niet limitatief):

- Het wijzigen van het bemalingsconcept, bv. door het uitvoeren van de bemaling met dieptebronnen die dieper geboord zullen worden dan de oorspronkelijk voorziene filterbemaling, of door het voorzien van een retourbemaling waar dit in de oorspronkelijke vergunning/aktenaam niet was opgenomen;
- Het uitbreiden van de bemaling, bv. indien een hoger debiet moet worden aangevraagd dan vergund of indien bijkomend rubriek 3.8 moet worden aangevraagd voor de lozing van het bemalingswater;
- Het toevoegen van percelen aan de aanvraag;
- Indien men wil wijzigen van lozingspunt (bv. een lozing op een andere waterloop dan voorzien in de vergunning/aktenaam, een lozing op een waterloop in plaats van de riolering ...).

Bij een aanvraag tot verandering moet de impact van de voorgestelde verandering beoordeeld worden, zowel wat betreft debiet/volume als wat betreft de invloed op de omgeving.

3.5.2 Verzoek tot bijstelling van voorwaarden

In sommige gevallen is een verzoek tot bijstelling van voorwaarden noodzakelijk (niet limitatief):

- Indien bemalingswater terug in de ondergrond gebracht wordt, maar bij opstart blijkt dat bepaalde gevaarlijke parameters de toetsingswaarde (zie **bijlage 6.6** figuur 3) overschrijden, kan

³⁴ [Overdracht van een vergunning voor de exploitatie van een ingedeelde inrichting of activiteit | Vlaanderen.be](#)

³⁵ <https://navigators.emis.vito.be/detail?wold=65528&woLang=nl>

een WZI geplaatst worden om te voldoen aan de toetsingswaarde. Hiervoor is geen vergunning/aktenaam voor de verandering van de IIOA nodig. Indien blijkt dat alsnog het kwaliteitskader niet gerespecteerd kan worden, dan moet via de procedure tot bijstelling van de voorwaarden voor de betreffende parameters een afwijkende norm aangevraagd worden;

- Indien bemalingswater wordt geloosd, maar bij opstart blijkt dat bepaalde gevaarlijke parameters de toetsingswaarde overschrijden, kan een WZI geplaatst worden om te voldoen aan de toetsingswaarde (dit is inbegrepen in de rubriek 3.8) of kan voor bepaalde parameters een bijstelling aangevraagd worden om af te wijken van de toetsingswaarde als er al een lozingsrubriek opgenomen is in de vergunning/aktenaam.

Voor de doorlooptermijn van een verzoek tot bijstelling van de voorwaarden wordt verwezen naar paragraaf 3.2.

3.5.3 Verlenging of hernieuwing

Indien de duurtijd van de bemaling langer zal zijn dan vergund, moet een verlenging of hernieuwing worden aangevraagd. Bij een niet-tijdelijke inrichting moet een langere duurtijd worden aangevraagd via een hernieuwing. Als de bemaling een tijdelijke inrichting betreft kan de vergunning/aktenaam éénmalig verlengd worden voor maximaal eenzelfde periode als de oorspronkelijke aanvraag³⁶.

Een aanvraag hernieuwing of verlenging moet wel onderbouwd worden door middel van een impactbeoordeling, zowel op vlak van debiet/volume als invloed op de omgeving.

De proceduretermijn voor een aanvraag tot hernieuwing of verlenging is identiek aan die van de oorspronkelijke aanvraag.

3.5.4 Geen verandering noodzakelijk

Indien er aan alle onderstaande voorwaarden voldaan wordt, moet er geen verandering van de vergunning worden aangevraagd:

- De inplanting van bemalingselementen mag maximaal 10 m afwijken van de locaties opgenomen in het uitvoeringsplan toegevoegd aan de vergunningsaanvraag/melding. Er mag hierbij echter geen nieuw kadastraal perceel aangesneden worden dat nog niet opgenomen is in de vergunning / aktenaam.
- De bemalingselementen mogen minder diep voorzien worden dan de aanzetdiepte aangevraagd via de vergunningsaanvraag/melding³⁷, maar niet dieper.
- Er wordt geen andere watervoerende laag aangeboord dan de watervoerende laag waar de vergunning/aktenaam betrekking op heeft.
- Het aangepaste concept zal geen bijkomende effecten op de omgeving veroorzaken. In principe betekent dit dat het aangepaste bemalingsconcept niet mag zorgen voor een grotere grondwaterverlaging in de omgeving van de te bemalen site dan de grondwaterverlaging berekend/gesimuleerd in de bemalingsstudie, de invloedsstraal mag niet groter zijn ...

³⁶ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65442&woLang=nl>

³⁷ De aanzetdiepte kan geconsulteerd worden door op het Omgevingsloket in te loggen en de bewuste aanvraag/melding te consulteren. De vergunde aanzetdiepte moet ook in het logboek opgenomen zijn.

4 Algemene en sectorale voorwaarden (VLAREM II)

Voor ingedeelde inrichtingen staan in deel 4³⁸ en deel 5³⁹ van VLAREM II algemene voorwaarden en specifieke sectorale voorwaarden uitgeschreven. Voor een bemaling en lozing zijn afdeling 4.2.9.⁴⁰, hoofdstuk 53 (en in het bijzonder onderafdeling 5.53.6.1.)⁴¹, bijlage 2.3.1.⁴² (basismilieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater), bijlage 2.4.1.⁴³ (milieukwaliteitsnormen en milieukwantiteitscriteria voor grondwater) en bijlage 5.53.1.⁴⁴ (Code van goede praktijk voor boringen en voor exploiteren en afsluiten van boorputten voor grondwaterwinning) van belang.

Bijkomend bij de algemene en sectorale voorwaarden kunnen ook steeds per dossier bijzondere milieuvoorwaarden worden opgelegd door de vergunningverlenende overheid. Deze bijzondere milieuvoorwaarden moeten bij klasse 3-bemalingen wel voldoen aan de bepaling uit het Omgevingsvergunningsdecreet artikel 113⁴⁵. Bij vergunningen moeten ze voldoen aan de bepalingen uit artikels 72, 73 en 74⁴⁶. De bijzondere voorwaarden staan steeds opgelijst in de vergunning of meldingsakte.

Hieronder volgt een beknopt overzicht van de belangrijkste algemene en sectorale voorwaarden met betrekking tot het uitvoeren van een bemaling en het lozen van bemalingswater.

4.1 Het uitvoeren van een bemaling

- Artikel 5.53.6.1.2. §1 van VLAREM II stelt dat een bemalingspomp alleen geplaatst mag worden door een boorbedrijf dat erkend is volgens het VLAREL van 19 november 2010 voor de discipline bemalingen⁴⁷. Uiterlijk de derde werkdag nadat een bemalingspomp is geplaatst, bezorgt het erkende boorbedrijf van elke debietmeter het merk en serienummer alsook het tijdstip van plaatsing en de tellerstand op het moment van plaatsing via een webapplicatie van de Databank Ondergrond Vlaanderen. Bij het ontmantelen van de bemalingsinstallatie bezorgt het erkende boorbedrijf uiterlijk de derde werkdag na de ontmanteling het tijdstip van de ontmanteling en de tellerstand op het moment van de ontmanteling via een webapplicatie van de Databank Ondergrond Vlaanderen.
- De pompen van een bemaling worden zodanig automatisch gestuurd (peilsturing) dat het grondwaterpeil niet verder wordt verlaagd dan nodig is om de beoogde verlaging van het grondwaterpeil te bereiken (VLAREM II artikel 5.53.6.1.2. §5). Voor een technische achtergrond wordt verwezen naar [bijlage 6.9](#).
- Er worden voldoende debietmeters geplaatst zodat elke bemalingsstroom ofwel gemeten ofwel afgeleid kan worden (VLAREM II artikel 5.53.6.1.4.⁴⁸).

³⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=8423&woLang=nl>

³⁹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=8604&woLang=nl>

⁴⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91018&woLang=nl>

⁴¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19111&woLang=nl>

⁴² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=10071&woLang=nl>

⁴³ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=10076&woLang=nl>

⁴⁴ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

⁴⁵ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=65549&woLang=nl>

⁴⁶ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=65496&woLang=nl>

⁴⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

⁴⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91693&woLang=nl>

- De tellerstand van elke debietmeter moet gedurende de eerste vijf werkdagen na opstart en vervolgens wekelijks geregistreerd worden (door de exploitant of zijn aangestelde, bv. een aannemer of studiebureau; VLAREM II artikel 5.53.6.1.2. §3). Het is niet wettelijk verplicht maar wel aanbevolen bij elke wijziging van het bemalingspeil opnieuw gedurende de eerste vijf werkdagen de tellerstand te registreren (zie [bijlage 6.16](#)).
- Er wordt per bemaling minimaal één peilput geplaatst met een filterstelling in de watervoevende laag waarin de verlaging beoogd wordt. Die peilput wordt op een zodanige locatie geplaatst dat de peilput representatief is voor het opvolgen van de gewenste grondwaterpeilverlaging en gebruikt kan worden voor de automatische sturing. Bij bouwputten met een omtrek van meer dan 150 meter wordt één bijkomende peilput geplaatst per bijkomende begonnen schijf van 150 meter. Bij lijnbemalingen wordt minimaal één peilput per 400 meter traject geplaatst.
- De code van goede praktijk voor boringen (CVGP; VLAREM II bijlage 5.53.1.⁴⁹) dient te worden gevolgd voor de exploitatie (aanleg, buitengebruikstelling, rapportering boorstaten ...) van grondwaterwinningen. Er kan van deze code worden afgeweken indien de afwijkende procedure voorafgaand wordt goedgekeurd door de VMM. De effectieve start van de aanleg of buitengebruikstelling van vergunnings- en meldingsplichtige bemalingen dient uiterlijk 2 dagen op voorhand te worden gemeld aan de toezichthouder door het erkend boorbedrijf (VLAREM II artikel 5.53.5.2.⁵⁰). Dit gebeurt via de webtoepassing eDOV⁵¹.
- Met betrekking tot het meten van zettingen gedurende een bemaling is VLAREM II artikel 5.53.1.3.⁵² relevant: 'De exploitant neemt alle voorzorgen teneinde schade aan onroerende goederen binnen de invloedsstraal van een grondwaterwinning te vermijden. Indien door het onttrekken van het grondwater zettingsgevoelige gronden, inzonderheid veen en turf, ontwaerd kunnen worden, laat hij op zijn kosten voor de ingebruikname van de grondwaterwinning een plaatsbeschrijving uitvoeren van al de constructies gelegen in zettingsgevoelige gronden die door ontwatering een gevaar zijn voor de stabiliteit van deze constructies binnen de invloedszone. Op deze constructies worden zettingsbakens aangebracht en genivelleerd ten opzichte van een referentiepunt buiten de invloedszone. Voor meer technische informatie over de monitoring van zettingen wordt verwezen naar [bijlage 6.16](#).
- Debieten (VLAREM II afdeling 5.53.3.⁵³) moeten op een eenduidige manier kunnen worden gemeten in elke grondwaterwinning. Debietmeters dienen te worden geplaatst bij alle grondwaterwinningen (voor het eerste aftappunt van het grondwater) en te voldoen aan specifieke voorschriften. Voor meer informatie omtrent debietmeters wordt verwezen naar paragraaf 8 en [bijlage 6.16](#).
- De toepassing van de bemalingscascade, die uitgebreid aan bod komt in [bijlage 6.6](#), is opgenomen als artikel 5.53.6.1.3.⁵⁴.

⁴⁹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

⁵⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=42505&woLang=nl>

⁵¹ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/e-dov-meldpunt-boringen>

⁵² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19065&woLang=nl>

⁵³ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19070&woLang=nl>

⁵⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91692&woLang=nl>

- Wanneer bij onvoorziene omstandigheden de bouwwerkzaamheden langer dan 4 weken stil liggen, moet de bemaling conform artikel 5.53.6.1.5. van VLAREM II⁵⁵ oordeelkundig worden bijgesteld op basis van een plan van aanpak dat is goedgekeurd door een deskundige.
- Indien er sprake is van potentieel verontreinigd bemalingswater, dan is het conform artikel 5.53.6.1.6. van VLAREM II verplicht (tenzij anders bepaald in de omgevingsvergunning) het bemalingswater te bemonsteren en analyseren na de aanleg en het schoonpompen van de bemalingsfilters of onttrekkingspunten. Het bemonsteren en analyseren wordt uitgevoerd door een erkend laboratorium in de discipline water (zie paragraaf 7.1). De bemalingsinstallatie mag pas in gebruik genomen worden als de analyseresultaten beschikbaar zijn. Deze voorwaarde is niet van toepassing als maximaal drie jaar vóór de start van de aanleg van de bemaling op representatieve peilbuizen analyses zijn uitgevoerd door een erkend laboratorium in de discipline water. Een peilbuis is representatief als ze binnen een afstand van 20 meter van de bemalingsinstallatie ligt, en als ze een filterstelling heeft die op een vergelijkbare diepte grondwater onttrekt als de bemalingsinstallatie⁵⁶.

4.2 Het uitvoeren van een proefbemaling

- Tijdens een proef worden minimaal het debiet en het grondwaterpeil in de pompputten geregistreerd, conform artikel 5.53.6.5.2. van VLAREM II⁵⁷. Op basis van de resultaten van de proef wordt minimaal de doorlatendheid van de watervoerende laag waarin gepompt wordt bepaald. De resultaten worden verwerkt in een verslag dat binnen 90 dagen na het uitvoeren van de proef in digitaal formaat bezorgd wordt aan de entiteit van de Vlaamse Milieumaatschappij die bevoegd is voor de grondwateradvisering, tenzij binnen 90 dagen na de uitvoering een melding of vergunningsaanvraag wordt ingediend waarin de resultaten zijn opgenomen. Bij een proefbemaling mag het opgepompte water terug in de ondergrond gebracht worden of tot 5.000 m³ nuttig gebruikt worden (zie [bijlage 6.6](#)).
- Conform artikel 5.53.6.5.3. §2 van VLAREM II mogen tijdens het uitvoeren van proefbemalingen onder rubriek 53.1 geen uitgravingen onder het natuurlijke grondwaterpeil worden uitgevoerd⁵⁸.

4.3 Het lozen van bemalingswater

- Bij het lozen van bemalingswater via rubriek 3.8 zijn de algemene voorwaarden van afdeling 4.2.9.⁵⁹ van toepassing. Het betreft dan voornamelijk de kwaliteitsvereisten voor het lozen van bemalingswater in oppervlaktewater of in de openbare riolering aangesloten op een RWZI. Het volume en de kwaliteit van het geloosde bemalingswater moeten gecontroleerd worden met een conforme meetmethode. Voor meer informatie wordt verwezen naar [bijlage 6.6](#).

⁵⁵ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91694&woLang=nl>

⁵⁶ Voor meer informatie over representatieve peilbuizen wordt verwezen naar paragraaf 2.5 in [bijlage 6.3](#).

⁵⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91814&woLang=nl>

⁵⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91816&woLang=nl>

⁵⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91018&woLang=nl>

5 Voorwaarden van toepassing op niet-ingedeelde bemalingen of lozingen

Ook voor niet ingedeelde bemalingen of niet ingedeelde lozingen van bemalingswater zijn voorwaarden van toepassing. Deze staan opgelijst in afdelingen 6.9.1.⁶⁰ en 6.2.2.⁶¹ in deel 6 van VLAREM II:

- Niet ingedeelde bemalingen mogen enkel aangelegd worden door een boorbedrijf erkend volgens het VLAREL voor de discipline bemalingen. De toezichthouder wordt minimaal twee dagen vóór de start van de werkzaamheden op de hoogte gebracht. De code van goede praktijk voor boringen (CVGP; VLAREM II bijlage 5.53.1.⁶²) dient te worden gevolgd.
- De bemalingsinstallatie moet verplicht voorzien worden van een debietmeter⁶³.
- De exploitant moet alle voorzorgen nemen teneinde schade aan onroerende goederen binnen de invloedsstraal van een grondwaterwinning te vermijden.
- Uiterlijk de derde werkdag nadat een bemalingspomp is geplaatst, bezorgt het erkende boorbedrijf van elke debietmeter het merk en serienummer alsook het tijdstip van plaatsing en de tellerstand op het moment van plaatsing via een webapplicatie van de Databank Ondergrond Vlaanderen. Bij het ontmantelen van de bemalingsinstallatie bezorgt het erkende boorbedrijf uiterlijk de derde werkdag na de ontmanteling het tijdstip van de ontmanteling en de tellerstand op het moment van de ontmanteling via een webapplicatie van de Databank Ondergrond Vlaanderen.
- De kwaliteitsvereisten moeten gevolgd worden bij lozing (zie paragrafen 4 en 5 in [bijlage 6.6](#)).
- De bemalingscascade moet gevolgd worden bij het zoeken naar een bestemming voor het bemalingswater.
- Volumes groter dan 10 m³ per uur worden alleen geloosd in een openbare riolering die is aangesloten op een rioolwaterzuiveringsinstallatie, na de uitdrukkelijke toelating van de exploitant van die installatie.

6 MER

Sinds 1 december 2025 geldt de nieuwe m.e.r.-regelgeving⁶⁴. Eén van de grootste wijzigingen is de afschaffing van de mogelijkheid tot ontheffing van de verplichting om een project-MER op te maken. Dit houdt in dat een vergunningsplichtige bemaling kan ressorteren in bijlage 1 waarbij de opmaak van een project-MER verplicht is, of dat een vergunningsplichtige bemaling kan ressorteren in de screeningsbijlage (bijlage 2) waarbij minstens een project-m.e.r.-screening verplicht is. Indien aanzienlijke effecten mogelijk zijn, moet bij een project dat onder de screeningsbijlage valt, echter ook een project-MER opgesteld worden.

⁶⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=34115&woLang=nl>

⁶¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=23941&woLang=nl>

⁶² <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

⁶³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91666&woLang=nl>

⁶⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=267&woLang=nl>

Een project-MER (een 'project-milieueffectrapport') is een onderzoek naar de mogelijke milieugevolgen van een bepaalde activiteit of ingreep. Het project-MER moet toegevoegd worden aan de vergunningsaanvraag (maar nog niet goedgekeurd zijn) en moet dus opgemaakt worden vooraleer een vergunningsaanvraag kan ingediend worden. Een project-MER moet worden opgemaakt door een MER-deskundige en is verplicht voor bemalingen waarbij er jaarlijks 10 miljoen m³ of meer opgepompt wordt (categorie 15 in bijlage 1⁶⁵).

Een project-m.e.r.-screening is een beperkter onderzoek naar de mogelijke milieugevolgen en is geïntegreerd in de vragen die moeten ingevuld worden bij het aanvragen van een omgevingsvergunning via het Omgevingsloket. Een groot deel van de vragen die betrekking hebben op de project-m.e.r.-screening kunnen ingevuld worden op basis van de resultaten van een goed uitgewerkte bemalingsstudie.

Een project-MER of een project-m.e.r.-screening zijn enkel noodzakelijk voor vergunningsplichtige ingedeelde inrichtingen (rubriek 10n in bijlage 2⁶⁶), en dus niet voor bemalingen die meldingsplichtig zijn of die niet ingedeeld zijn. Voor een vergunningsplichtige bemaling zal dus altijd minstens een project-m.e.r.-screening moeten worden uitgevoerd, tenzij de bemaling in bijlage 1 van het MER-besluit ressorteert (rubriek 15; dan is de opmaak van een project-MER steeds verplicht).

Via de project-m.e.r.-plichttool⁶⁷ kan nagegaan worden welke bijlage en rubriek van het project-m.e.r.-besluit van toepassing is voor een bemaling. Zo kan nagegaan worden of een project-MER moet opgesteld worden, een project-m.e.r.-screening van toepassing is, of dat de bemaling niet m.e.r.-plichtig is.

De project-m.e.r.-screeningstool onderzoekt per discipline en relevante effectgroep of er mogelijk aanzienlijke milieueffecten kunnen optreden. Na invulling genereert de tool een conclusiepagina die je rechtstreeks kan opladen in het Omgevingsloket. Indien er op basis van de bemalingsstudie ook een passende beoordeling werd opgesteld, kunnen de resultaten hiervan mee in rekening te genomen worden bij het invullen van de project-m.e.r.-screeningstool.

Het gebruik van beide tools is niet verplicht, maar ze bieden waardevolle ondersteuning bij het voorbereiden van je dossier.

7 VLAREL

Dit besluit van de Vlaamse Regering centraliseert de erkenningsregeling voor milieudoelinden. Specifiek voor grondwaterhandelingen zijn hiervoor de laboratoria, de boorbedrijven en de MER-deskundigen geohydrologie van belang.

7.1 Erkende laboratoria

Om een staalname en -analyse te mogen uitvoeren in het kader van VLAREM II moet een laboratorium hiertoe worden erkend. De lijst met erkende laboratoria en hun parameterpakketten zijn terug te

⁶⁵ [Grondwater onttrekken of aanvullen - Kennis- en informatiesysteem MER - Wiki van het departement Omgeving van de Vlaamse overheid](#)

⁶⁶ [Grondwater onttrekken of aanvullen - Kennis- en informatiesysteem MER - Wiki van het departement Omgeving van de Vlaamse overheid](#)

⁶⁷ <https://merscreening.omgeving.vlaanderen.be/>

vinden op de website van de Vlaamse overheid⁶⁸. De staalname van grondwater dient te gebeuren conform de vastgelegde compendiummethodes. Voor de staalname van bemalingswater, voorafgaand via een representatieve peilbuis of aan de pomp, is het zogenaamde Water Analyse Compendium (WAC) opgesteld, met een specifieke methode voor de monstername van bemalingswater (WAC/I/A/007). Deze compendiummethodes worden regelmatig geactualiseerd naar de stand der techniek en zijn terug te vinden op de website van EMIS⁶⁹. Hierin staan specifiek de te volgen methodes omschreven voor monstername, conservering en analyse van verschillende types water en hun parameters.

7.2 Erkende boorbedrijven

Sinds 1 januari 2015 mogen enkel daartoe erkende boorbedrijven in Vlaanderen boringen uitvoeren voor grondwaterwinning of deze buiten gebruik nemen (opvullen). Het erkende boorbedrijf dient tevens voorafgaand aan het boren te verifiëren of de boring/grondwaterwinning in kwestie (indien noodzakelijk) is vergund dan wel er een aktename aanwezig is of de boring niet ingedeeld is. Indien de vergunning/aktename niet beschikbaar is wanneer ze wel vereist is, mag er niet worden gestart met de boorwerkzaamheden. Het boorbedrijf dient zich ook te houden aan de bepalingen uit de vergunning/regelgeving (bv. boordiepte/watervoerende laag). Het uiterlijk 2 dagen voorafgaand melden van de start van de boorwerkzaamheden aan de toezichthouders is tevens de taak van het erkende boorbedrijf. Dit gebeurt via eDOV. Bovendien moeten alle uitgevoerde boringen verplicht gemeld en gerapporteerd worden naar eDOV. Om de erkenning te krijgen/behouden is er periodieke bijscholing van het personeel vereist.

De lijst van VLAREL-erkende boorbedrijven voor de respectievelijke disciplines kan geraadpleegd worden via de website van VMM⁷⁰.

8 Debietmeters

Zowel bij ingedeelde bemalingen (VLAREM II artikel 5.53.3⁷¹) als bij niet ingedeelde bemalingen (VLAREM II artikel 6.9.1.1quater.⁷²) moet verplicht een debietmeter geplaatst worden. Welke stromen bemeten moeten worden (bv. lozingsdebiet en retourdebiet), dient door de ontwerper van het bemalingsconcept oordeelkundig bepaald te worden zodat een globaal beeld van de werking van de bemaling verkregen kan worden. De debietmeters moeten in elk geval zo voorzien worden dat het opgepompte volume grondwater per watervoerende laag getotaliseerd kan worden. Tevens moet per watervoerende laag het volume bemalingswater dat niet opnieuw in de watervoerende laag gebracht kan worden, en het volume dat nuttig gebruikt kan worden, bepaald kunnen worden (VLAREM II artikel 5.53.6.1.4.)⁷³. Voor de lozing van bemalingswater kan gebruik gemaakt worden van een meetmethode conform afdeling 5.53.3 en onderafdeling 5.53.6.1⁷⁴.

Het meten van het debiet bij een bemaling heeft verschillende doeleinden. Het bemalingsdebiet kan gecontroleerd worden door de toezichthouder om na te gaan of voldaan wordt aan de vergunning.

⁶⁸ <https://www.vlaanderen.be/erkenning-als-laboratorium-voor-water-of-lucht>

⁶⁹ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/compendium-wac>

⁷⁰ <https://vmm.vlaanderen.be/diensten-producten/lijs-erkende-boorbedrijven>

⁷¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=19070&woLang=nl>

⁷² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91666&woLang=nl>

⁷³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91693&woLang=nl>

⁷⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91019&woLang=nl>

Daarnaast kan de heffing die eventueel moet betaald worden aan de beheerder van een RWZI via de debietmeting becijferd worden (zie paragraaf 5 in [bijlage 6.6](#)). Het meten van het bemalingsdebiet kan ook aanwijzingen geven over mogelijke problemen met filters (bv. verstoppingen) en zorgt voor een terugkoppeling naar de bemalingsstudie, wat bijdraagt aan het leerproces.

De meetinrichtingen worden door de uitvoerder onder de verantwoordelijkheid van de exploitant geplaatst voor het eerste aftappunt van het gewonnen grondwater. Onderstaande types debietmeters worden door VLAREM II artikel 5.53.3.2. §1² toegelaten. Mits een grondige motivatie kan hiervan afgeweken worden.

- een vleugelradmeter of meter met schroef van het Woltman type;
- een dynamische turbinemeter;
- een elektromagnetische meter;
- een ultrasone meter;
- een gecombineerde meter: een meter die binnen hetzelfde huis een combinatie is van de meters, vermeld in de voorgaande punten.

Een code voor goede praktijk voor installatie, onderhoud en controle van debietmeters werd in 2019 gepubliceerd door VITO⁷⁵. In deze CVGP werd een technisch dossier geïntroduceerd, dat van elke debietmeter moet worden bijgehouden door de exploitant. Het technisch dossier moet volgende zaken bevatten:

- Register met tellerstanden;
- Herijkings-, kalibratie-, installatie-, verificatie- en/of onderhoudsrapporten en/of eventuele controles;
- Installatievoorschriften van de fabrikant;
- Een actueel overzicht van alle afwijkingen of wijzigingen aan de debietmeter, bv. een herstelling.

Het technisch dossier moet steeds ter inzage gehouden worden van de toezichthouders, en moet op vraag kunnen getoond worden. Opgelet, dit technisch dossier van een debietmeter is niet te verwarren met het logboek van een bemaling. Het logboek moet steeds beschikbaar zijn op de werf (fysiek of digitaal) en bevat de monitoringsdata zoals tellerstanden van debietmeters, grondwaterstanden en resultaten van bv. staalanalyses.

Voor meer informatie en voorschriften voor de monitoring van het debiet, wordt verwezen naar [bijlage 6.16](#).

<https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19072&woLang=nl>

⁷⁵ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/code-van-goede-praktijk>

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.9 – Bemalingstechnieken

Deze bijlage geeft een overzicht van de verschillende bemalingstechnieken. Iedere techniek wordt beschreven en er wordt aangegeven wanneer welke techniek kan toegepast worden. Verder worden daar waar relevant bijzonderheden en kwaliteitsaspecten besproken.

Inhoudsopgave

1	Open bemaling	4
1.1	Beschrijving.....	4
1.2	Toepassingsgebied	5
2	Bemaling met horizontale drains	6
2.1	Beschrijving.....	6
2.1.1	Voordelen.....	9
2.1.2	Nadelen.....	10
2.2	Toepassingsgebied	10
2.3	Aandachtspunten	11
3	Bemaling met verticale filters	12
3.1	Gravitaire filterbemaling.....	13
3.1.1	Beschrijving.....	13
3.1.2	Eigenschappen	13
3.1.3	Toepassingsgebied	14
3.2	Getrapte filterbemaling	16
3.2.1	Beschrijving.....	16
3.2.2	Toepassingsgebied	16
3.2.3	Bijzonderheden	17
3.3	Vacuüm filterbemaling	18
3.3.1	Beschrijving.....	18
3.3.2	Eigenschappen	18
3.3.3	Toepassingsgebied	19
3.4	Automatische peilsturing bij een bemaling met verticale filters.....	19
3.4.1	Start- en stopsysteem	21
3.4.2	Frequentiesturing	22
4	Bemaling met dieptebronnen	22
4.1	Dieptebronnen met onderwaterpompen (gravitair)	22
4.1.1	Beschrijving.....	22

4.1.2	Eigenschappen	25
4.1.3	Toepassingsgebied	26
4.2	Dieptebronnen met onderwaterpompen en supplementair vacuüm	27
4.2.1	Beschrijving	27
4.2.2	Toepassingsgebied	28
4.3	Automatische peilsturing bij een bemaling met dieptebronnen	28
5	Spanningsbemaling	29
5.1	Beschrijving	29
5.2	Eigenschappen	29
5.3	Toepassingsgebied	29
6	Weer in de ondergrond brengen van bemalingswater	30
6.1	Retourbemaling	31
6.1.1	Beschrijving	31
6.1.2	Toepassingsgebied	33
6.1.3	Bijzonderheden bij de uitvoeringsaspecten bij retourbemaling	33
6.2	Infiltratie	39
6.2.1	Beschrijving	39
6.2.2	Toepassingsvoorwaarden gebruik infiltratievoorziening	40
6.2.3	Toepassingsvoorwaarden bij toepassing druppelleidingen	41
7	Richtlijnen voor het transport van bemalingswater	42
8	Referentielijst	44

1 Open bemaling

1.1 Beschrijving

Men spreekt van een open bemaling wanneer er zonder filters, bronnen of diep aangelegde drains rechtstreeks water wordt verwijderd vanuit een bouwput, waarbij dit water langs de taluds of de bouwputbodem in de bouwput terecht komt. In de bouwput wordt meestal een drainerende laag (steenslag, draineerzand ...) aangelegd met een dikte van ca. 30 cm. In deze laag worden een aantal afwateringsdrains geïnstalleerd. Deze drains worden aangesloten op een collectorleiding of gracht die uitgaat op een pompput (Figuur 1). Met een klokpomp, een zelfaanzuigende centrifugaalpomp of een zelfaanzuigende membraanpomp wordt het water uit de bouwput weggepompt.

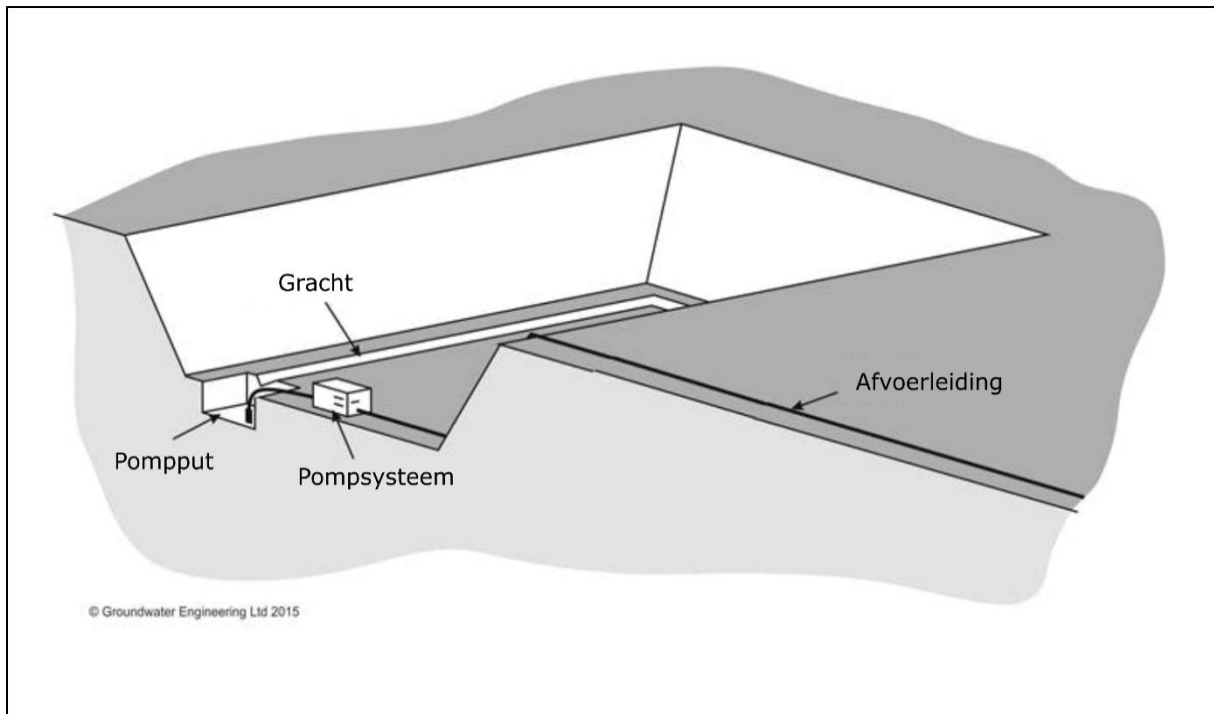
Soms wordt er geen drainerende laag aangebracht en wordt de pomp gewoon op de bouwputbodem geplaatst. Dit is echter niet ideaal. Door het water gaat de oppervlaktelaag verweken waardoor de werkvloer al snel een modderbad wordt. Het water dat verpompt wordt bevat in dit geval ook veel meer gronddeeltjes, waardoor de pomp sneller verslijt. Een zuigerpomp is niet geschikt voor het uitvoeren van een open bemaling. Het toestromende water kan immers heel wat zand bevatten waardoor de pomp snel verslijt.

Ook in een bouwput die hydraulisch afgesloten is met waterremmende wanden, aangezet tot in een ondoorlatende laag, kan een open bemaling worden toegepast omdat zowel de wanden als de bouwputbodem hydraulisch geïsoleerd zijn.

In hoofdstuk 5 van de Technische Voorlichting 'Tijdelijke bemalingen op werven' opgesteld door Buildwise^[a] wordt extra technische informatie over het uitvoeren van een open bemaling beschreven.

Een open bemaling, die noodzakelijk is voor de verwezenlijking van werken of de aanleg van nutsvoorzieningen, wordt aanzien als een bemaling waar dan ook een melding voor moet worden ingediend of een vergunning moet worden aangevraagd via rubriek 53.2 (zie [bijlage 6.8](#)).

Bij een open bemaling kan het bemalingspeil niet dieper verlaagd worden dan de onderkant van de pomp. De pomp wordt op die manier automatisch gestuurd, indien ze op het juiste niveau wordt voorzien (bv. niet dieper dan de noodzakelijke verlaging).



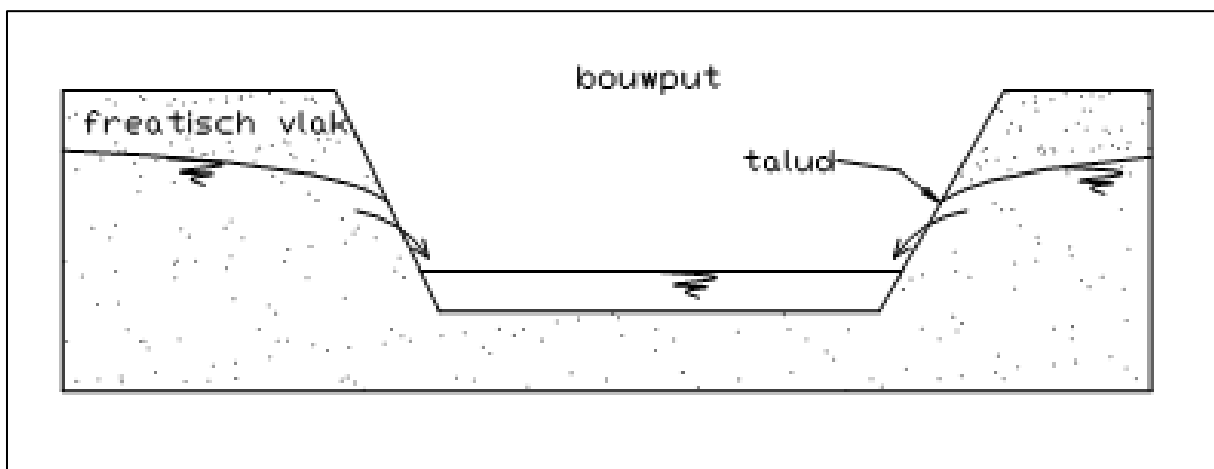
Figuur 1: Conceptuele opstelling van een open bemaling (bron: Groundwater Engineering Ltd).

1.2 Toepassingsgebied

Een open bemaling wordt toegepast om:

- hemelwater en grondwater uit de bouwput te pompen vooral bij uitgravingen in weinig doorlatende gronden (klei en leem) en in stabiele rotsmassieven;
- water dat door de taluds de bouwput insijpelt af te voeren.

In de meeste gevallen verloopt de ontgraving veel sneller (bv. op één dag) dan de daling van de grondwaterstand in de omgeving van de bouwput. Daardoor zal de grondwatergradiënt steiler zijn ter hoogte van het talud (Figuur 2). Omdat de waterstroming de gronddeeltjes uitspoelt uit het talud en uit de bouwputbodem is een open bemaling niet geschikt om grondwater af te voeren in goed doorlatende zandgronden.



Figuur 2: Open bemaling waarbij water door de taluds de bouwput insijpelt.

2 Bemaling met horizontale drains

2.1 Beschrijving

Bij een horizontale bemaling wordt een drain ingegraven/gefreesd onder de grondwaterstand (Figuur 3). Op deze manier wordt een horizontale filter aangebracht. De drain wordt vervolgens aangesloten op:

- een zuigerpomp of centrifugaalpomp (Figuur 4);
- een pompput waaruit het water weggepompt wordt met een klokpomp of een vacuümpomp.

De drain wordt in de grond gebracht met een kettinggraafmachine (Figuur 5). Hiermee kan per dag ca. 1.500 m drainering worden ingebracht. Dit is bijzonder veel in vergelijking met andere bemalingstechnieken. Indien de sleuf dient aangevuld te worden met draineerzand, daalt de snelheid van de aanleg en is een lengte van ca. 500 m per dag realiseerbaar.

De voorwaarde is wel dat de ondergrond vrij is van harde insluitsels zoals steenbanken en steenhoudende aanvullingen ... De machine kan hier immers zwaar door beschadigd worden. Dergelijke kettinggraafmachines hebben veel ruimte nodig. Het infrezen van horizontale drains voor de bemaling van kleine bouwputten, of in stedelijke omgevingen, is vaak technisch niet mogelijk of niet rendabel.

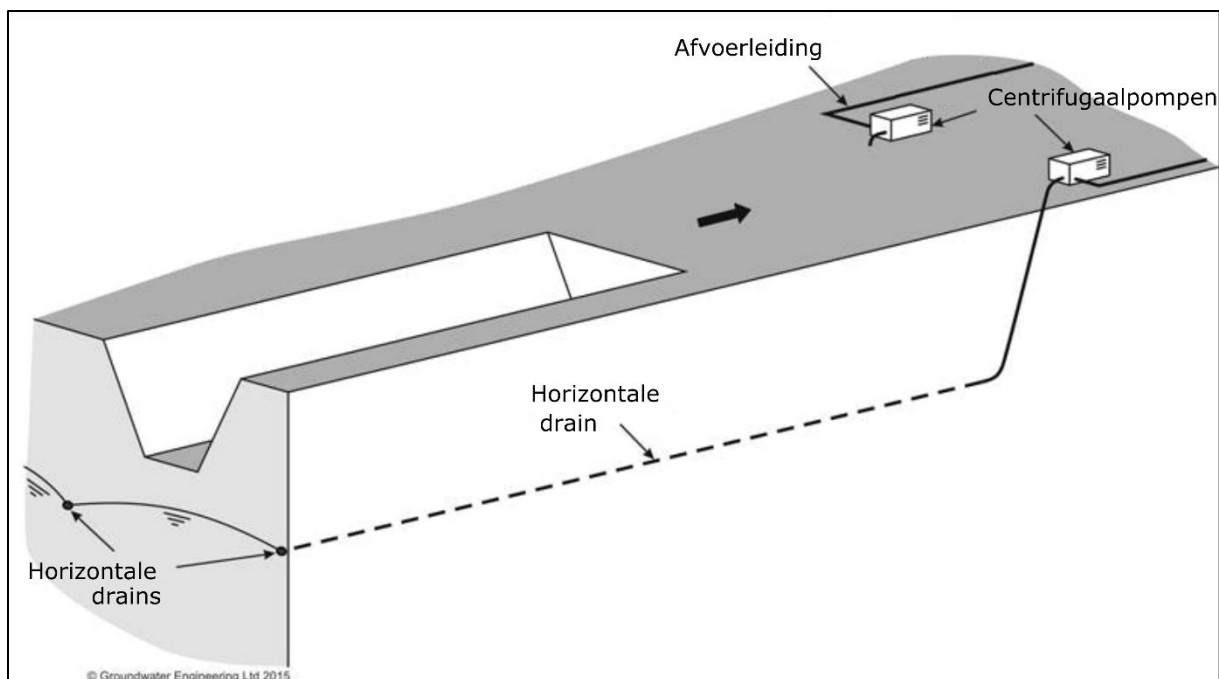
De huidige machines laten toe een drain in te frezen tot op een diepte van ca. 6 tot 8 m-mv. Het grondwater kan hiermee maximaal verlaagd worden tot ca. 4 m onder het aanzuigniveau van de pomp.

Het voordeel van deze techniek is dat het debiet dat verpompt wordt met een horizontale bemaling kleiner is dan het debiet verpompt met om het even welke andere bemalingstechniek. Dit komt omdat de diepte tot waarop de watervoerende laag betrokken wordt bij de onttrekking minimaal is bij deze techniek.

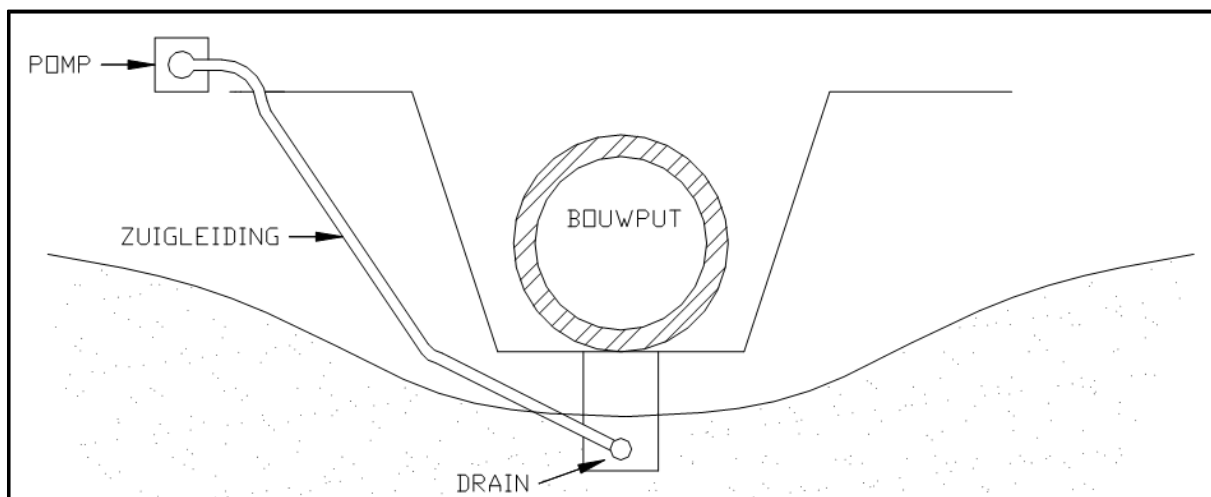
Een automatische peilsturing kan toegepast worden bij een bemaling met horizontale drains, maar is enkel aan de orde indien de drain dieper ligt dan hydraulisch noodzakelijk. Drains dieper aanleggen kan bv. aangewezen zijn om beluchting, verijzing en/of dichtslibben te voorkomen. Aangezien zowel voor bemalingen met horizontale drains als verticale filters dezelfde type pomp gebruikt wordt, wordt voor meer informatie over peilsturing verwezen naar paragraaf 3.4.

In slecht doorlatende ondergronden of in gronden met veel stoorlagen wordt de drainsleuf aangevuld met draineerzand. Dit verhoogt in aanzienlijke mate de kostprijs per meter.

In hoofdstuk 4 van de Technische Voorlichting 'Tijdelijke bemalingen op werven' opgesteld door Buildwise^[a] wordt extra technische informatie over het uitvoeren van een bemaling met horizontale drains beschreven.



Figuur 3: Conceptuele opstelling van een bemaling met horizontale drains (bron: Groundwater Engineering Ltd).



Figuur 4: Installatie van een drain bij een horizontale bemaling.



Figuur 5: Kettinggraafmachine aan het werk.



Figuur 6: Trekken van een horizontale drain in een reeds gedeeltelijk uitgegraven bouwput.

2.1.1 Voordelen

- Het hoge rendement waarmee de bemaling wordt aangebracht;
- Het afwezig zijn van zuigleidingen, onttrekkingsbronnen of bemalingsfilters. Hierdoor kan de aannemer beschikken over meer werkruimte. De installatie is hierdoor ook minder schadegevoelig;
- Het relatief lagere debiet dat moet onttrokken worden om een bepaalde verlaging te bekomen en de snelle ontwatering. Beide voordelen komen voort uit de ondiepe ligging van de drain. Deze ondiepe ligging kan ook een impact hebben op de kwaliteit van het bemalingswater, dat verschillend kan zijn ten opzichte van een bemaling met verticale filters tot 10 m-mv;
- De relatief beperkte invloed op de omgeving. Het debiet is kleiner en de betrokken laagdikte is ook kleiner dan bij elke andere techniek;
- Het opvangen van hangwater dat opgehouden wordt door stoorlagen. Door het infrezen van de drain worden alle stoorlagen doorbroken. Het water dat toestroomt over deze lagen vindt onmiddellijk zijn weg naar de drain, vooral indien de gefreesde sleuf is aangevuld met draineerzand;
- Het perfecte resultaat dat bekomen wordt bij een bemaling tot op een ondoorlatende laag. Het grootste deel van het hangwater of grondwater dat toestroomt over de ondoorlatende laag wordt door de drains opgevangen.

2.1.2 Nadelen

- Bij een bemaling met een horizontale drain werkt de drain als één geheel en kan men niet lokaal gaan ingrijpen. Bij een bemaling met verticale filters kan men bv. specifieke filters afkoppelen;
- Indien een bouwput bemaald wordt door middel van horizontale drains, is er voor elke drain een pomp noodzakelijk. Dit kan ervoor zorgen dat er meer pompen moeten opgesteld worden dan bij een bemaling met verticale filters;
- De logge en weinig wendbare kettinggraafmachines maken het onmogelijk om drains in te frezen op kleine en ingewikkelde werven;
- De hoge kost van de kettinggraafmachines (vereist een hoog rendement om rendabel te zijn);
- De ondergrond moet volledig vrij zijn van harde obstakels (stenen, kabels of leidingen). Een bemaling met horizontale drains beperkt zich dan ook tot die plaatsen waar de ondergrond ongeroerd is en waar er geen steenbanken aanwezig zijn, of tot opgespoten zanden. In bebouwde gebieden is het nagenoeg uitgesloten om met horizontale drains te werken. Ook het gebruik op locaties waar kabels en leidingen moeten gekruist worden, is uitgesloten;
- De drain blijft achter in de grond. Bij eventuele herstellingen aan leidingen, of wanneer een nieuwe bouwput wordt uitgevoerd, blijft de drain water aanvoeren vanuit de wijde omgeving¹.

2.2 Toepassingsgebied

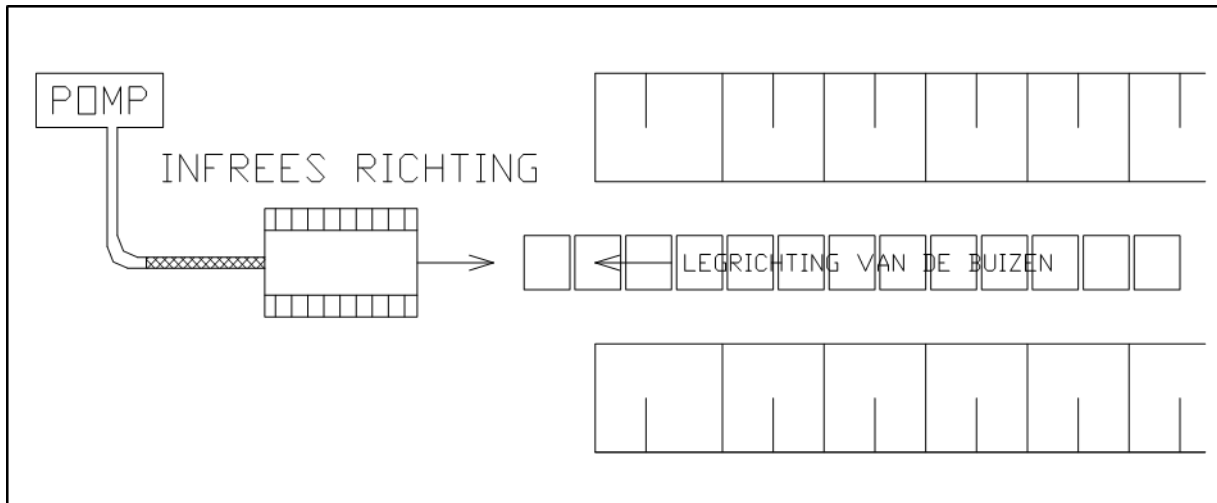
Uit een vergelijking van de voor- en de nadelen van de techniek volgt dat een horizontale drainage uiterst geschikt is voor:

- Het aanleggen van transportleidingen (hoog rendement en korte bemalingstijd);
- Het bemalen van uitgestrekte bouwputten (er staat nooit bemalingsmaterieel in de weg, het debiet is minimaal, de uitvoering gebeurt snel);
- Het bemalen tot op een ondoorlatende laag, omdat het debiet tweedimensionaal onderbroken wordt (in tegenstelling tot filters of bronnen waar er water tussen de filters of bronnen kan stromen);
- Permanente bemaling met drains onder de vloerplaat van gebouwen. Hier komt geen kettinggraafmachine aan te pas. Het betreft hier het wegnemen van druk onder een vloerplaat van een gebouw dat hydraulisch van zijn omgeving geïsoleerd is, bijvoorbeeld door middel van waterremmende wanden die aansluiten op een kleilaag. Hoe goed deze hydraulische isolatie ook is, er ontstaat na verloop van tijd altijd een drukopbouw onder de vloerplaat, die overeenkomt met de oorspronkelijke grondwaterstand. Om die druk weg te nemen wordt er soms een grindlaag onder de vloerplaat aangebracht, en voorzien van horizontale drains, die via een collectorleiding uitmonden in één of meerdere pompputten. Vanuit deze pompputten wordt het lekwater meestal met vlotterpompjes weggepompt. De debieten variëren afhankelijk van de kwaliteit van de waterremmende wanden en de (on)doorlatendheid van de afsluitende laag waarin ze zijn aangezet. Het water kan hiermee verlaagd worden tot ca. 1,5 m boven het aanlegpeil van de drains. Deze techniek mag niet meer toegepast worden bij nieuwe constructies maar is in het verleden vaak toegepast en is daardoor noodzakelijk om de stabiliteit van die bestaande constructies te waarborgen.

¹ Opgelet, in sommige omstandigheden moeten horizontale drains opgevuld worden na de beëindiging van de bemaling (zie [bijlage 6.19](#)).

2.3 Aandachtspunten

- **Freesrichting.** De drain wordt meestal in tegenovergestelde richting gefreesd van de aan te leggen collectorleiding (Figuur 7). In het geval de drain wordt stuk gegraven kan hij ingekort worden en kan op het overblijvende gedeelte gepompt worden. Uitzonderingen op deze regel mogen enkel gemaakt worden indien het terrein sterk hellend is. De pomp wordt dan steeds op het laagste punt van de drain geplaatst;



Figuur 7: Freesrichting van drains.

- **Lengte van de drain.** De lengte van de individuele drainstrengen wordt hoofdzakelijk bepaald door de capaciteit van de pomp en de doorlatendheid van de ondergrond. Een lagere pompcapaciteit en een hogere doorlatendheid geven steeds aanleiding tot een kortere lengte van de drain. De lengte van de drain wordt voor leidingwerken steeds beperkt tot maximaal 80 à 100 m. In erg doorlatende gronden kan het nodig zijn om de lengte van de drain te beperken tot 50 m of zelfs korter;
- **Terreinnivellering.** Het hoogste punt van de drain bepaalt het bemalingspeil. Bij bemalingswerken met drains is het bijgevolg erg belangrijk dat het terrein genivelleerd is. Per streng zijn hoogteverschillen van meer dan 0,5 m, bv. door een slordige nivellering van het terrein, onaanvaardbaar. Luchtinbraak en wegvallen van het vereiste waterdebiet zijn dan het gevolg. De drain zal op dergelijke strengen nooit het gewenste resultaat behalen. Hierdoor zullen achteraf bijkomende werken noodzakelijk zijn. Bij de aanleg van pijpleidingen en persleidingen kan het gebeuren dat de werken dienen uitgevoerd te worden op een sterk hellend terrein. In dit geval moet de pomp steeds aangesloten worden op het laagste punt van de drain. Water stroomt immers naar beneden;
- **Overgang blinde drain.** De hoogte waarop de overgang gemaakt wordt tussen het blind gedeelte en de drain is, net als de nivellering van het terrein, bepalend voor het bereikte resultaat. De grondwaterstand kan maximaal verlaagd worden tot 0,5 m boven het hoogste peil van de drain. Door het slordig aanzetten van de drain wordt het resultaat van de volledige streng beperkt;
- **Schoonpompen.** De drain dient grondig te worden schoon gepompt. Hierdoor wordt vermeden dat hij dichtslibt. In geval van vacuümpompen kan dit immers aanleiding geven tot het dichtslaan van de drain. Een drain kan schoon gepompt worden door het onttrekkingsdebiet geleidelijk op te voeren. Dit kan bijvoorbeeld door het vacuüm slechts

geleidelijk op te voeren. Meestal is het water dat wordt opgepompt na een kwartier reeds zuiver. De pomp mag dan op volle capaciteit draaien;

- **Aansluiting.** Het is absoluut noodzakelijk dat de drain luchtdicht op de pomp wordt aangesloten. Dit kan vastgesteld worden door een vacuümmeter aan te brengen op de pomp. Blijft het vacuüm te laag, dan is er ergens een luchtlek;
- **Aansluiting drain – collectorleiding (langdurige bemaling).** In het geval van bestaande permanente drains of drains in kader van langdurige bemalingsprojecten zijn deze drains aangesloten op een collectorleiding die verbonden is met een collectorput. De drains moeten gedurende een lange periode dienstdoen. Het is dan ook zeer belangrijk dat zij nooit droog komen te staan (groei biologische organismen) en dat de aansluiting op de collectorleiding niet kan dichtslibben;
- **Volgorde van de bewerkingen (langdurige bemaling).** Bij de aanleg van een langdurige bemaling met drains worden in eerste instantie de collectorput en collectorleiding aangelegd. Hiertoe wordt een tijdelijke bemaling voorzien. Slechts dan kan overgaan worden tot het infrezen en het aansluiten van de drains. De drains gaan immers onmiddellijk water geven. Als er geen collectorleiding vooraf is aangelegd kan dit water onmogelijk opgevangen worden.

3 Bemaling met verticale filters

Verticale filterbemalingen worden toegepast in matig tot goed doorlatende watervoerende lagen. De maximale bemalingsdiepte is beperkt tot ongeveer 4,5 m onder het niveau van de pomp. Grotere verlagingen kunnen wel bekomen worden als met een getrapte filterbemaling wordt gewerkt (zie paragraaf 3.2). Een bemaling met verticale filters bestaat steeds uit:

- een zuigerpomp of andere vacuümpomp met afvoerleiding;
- een verzamelleiding/zuigleiding;
- onttrekkingsfilters.

Bemalingsfilters bestaan meestal uit een blinde haalbuis (diameter ca. 32-50 mm), die onderaan open is en schuin aangesneden en die over een zekere lengte is omgeven door een geperforeerde PVC ribbelbuis en filtertextiel. Dit element is het eigenlijke filterelement. Het water sijpelt door het draingedeelte langsheen de haalbuis naar het diepste punt naar beneden waarna het intreedt in de haalbuis. De haalbuizen worden aangesloten op een collectorleiding die verbonden wordt met een zuigerpomp of andere vacuümpomp. De filters worden ingebouwd door middel van kleine spoelboringen (diameter ca. 100 à 150 mm; machinaal geboord of met de hand gelanst). In een zandig profiel worden ze niet omstort met filtergrind, en stort de boorgatwand in rondom de filter. In slechter doorlatende grondlagen, en zeker wanneer korte filters (lengte < 8 m) worden aangebracht, wordt wel filtergrind gestort. Bij elke filterbemaling moet een kleistop aangebracht worden in de annulaire ruimte om een vacuümbemaling mogelijk te maken / te behouden. Via de aangevulde annulaire ruimte van de gespoelde boorgaten wordt de lokale verticale doorlatendheid verhoogd. Om dit effect te versterken kan met een bredere diameter geboord worden (bv. 220 mm), of kan de tussenafstand tussen de filters verkleind worden.

Op basis van de lengte van de haalbuis en het type van de filter kan een onderscheid gemaakt worden tussen:

1. gravitaire filterbemalingen (paragrafen 3.1 en 3.2);
2. vacuüm filterbemalingen (paragraaf 3.3).

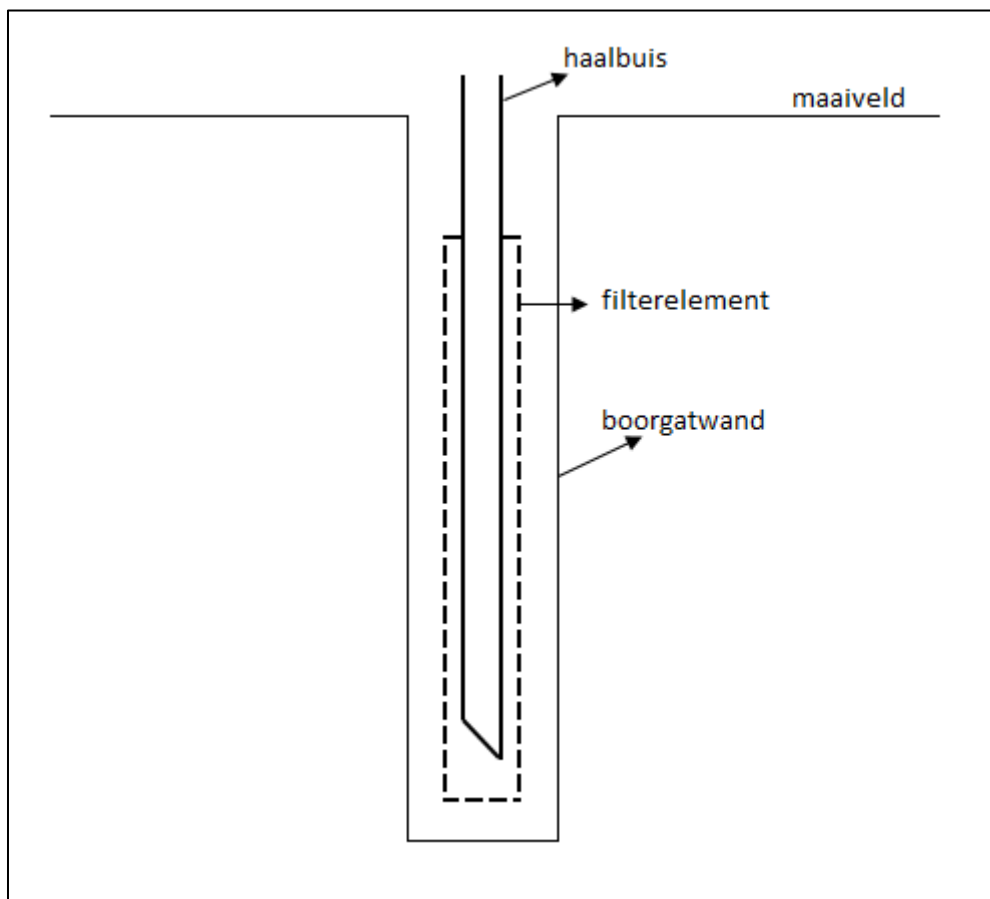
In hoofdstuk 3 van de Technische Voorlichting 'Tijdelijke bemalingen op werven' opgesteld door Buildwise^[a] wordt extra technische informatie over het uitvoeren van een bemaling met verticale filters beschreven.

3.1 Gravitaire filterbemaling

3.1.1 Beschrijving

Gravitaire bemalingsfilters hebben een haalbuis met een lengte (diepte) die groter is dan het vacuüm dat de pomp haalt. Voor een goed werkende pomp is dit minstens 10 m beneden het installatieniveau van de pomp. Vermits de atmosferische druk ca. 10 m waterkolom bedraagt, en het vacuüm dat in de praktijk gehaald wordt maximaal 9 à 9,5 m waterkolom bedraagt, kan met dergelijke filters nooit lucht aangetrokken worden indien het leidingwerk luchtdicht is aangelegd. Een gravitaire bemaling kan ook met minder diepe haalbuizen worden aangelegd, als het vacuüm van de pomp wordt beperkt.

Het filterelement rond de haalbuis is variabel in lengte en wordt bepaald in functie van het grondonderzoek. In een ondergrond met veel stoorlagen zal men een filterelement van 8 à 9 m gebruiken, om alle watervoerende laagjes tussen de stoorlaagjes te bemalen.



Figuur 8: Schematische opbouw van een verticale filter.

3.1.2 Eigenschappen

- **Grondwaterverlaging.** Met gravitaire filters kan de grondwaterstand in goed doorlatende gronden (zand en grind) tot ca. 4,0 à 4,5 m onder het niveau van de pomp en de verzamelleiding verlaagd worden. De redenen zijn:

- o Het vacuüm van de pomp is beperkt. Voor een perfect werkende pomp is dit ongeveer 9 à 9,5 m waterkolom;
 - o Er is, zeker wanneer het debiet aanzienlijk is, behoorlijk wat stromingsweerstand tussen het filterelement en de haalbuis;
 - o Bij onvolkomen filters (wanneer deze niet reiken tot de bodem van het watervoerende pakket) is er onderloopsheid, waardoor er binnen de gesloten lus van filters een belangrijke opbolling kan ontstaan.
- **Debiet.** Het debiet van een gravitaire filter wordt hoofdzakelijk bepaald door de doorlatendheid en de opbouw van de ondergrond, en de nuttige (verzadigde) filterlengte. Zoals hoger aangegeven is de stromingsweerstand bij hogere debieten aanzienlijk, waardoor ook het debiet per filter beperkt wordt. Bovendien kan door redoxreacties de filter ook gedeeltelijk verstopen. In de praktijk is het debiet dat per filter wordt verpompt best niet hoger dan $3 \text{ m}^3/\text{u}$. Bovendien is de lineaire stroomsnelheid op de boorgatwand best lager dan $v = \frac{\sqrt{K}}{15}$;
 - **Gravitaire filters en lucht.** Omdat de aanzuighoogte van water theoretisch beperkt is tot ca. 10 m, is het onmogelijk om het water dat zich onderaan de haalbuis bevindt op te zuigen. Gravitaire bemalingsfilters kunnen bijgevolg enkel lucht aanzuigen indien de grondwaterstand dieper staat dan 10 m onder het maaiveld;
 - **Vacuüm.** Bij een verzorgde uitvoering van de bemaling, en een goed onderhouden pomp, bedraagt het maximale vacuüm aan de pomp steeds 8 à 9 m waterkolom. Een lager vacuüm kan drie oorzaken hebben:
 - o De pomp geeft haar maximum debiet. Als met dit debiet de gewenste verlaging wordt bereikt is er geen probleem. Indien niet, zijn te veel filters aangesloten op de verzamelleiding;
 - o Een defecte pomp. De pomp werkt niet naar behoren en is niet in staat om een aanzuighoogte van 8 à 9 m waterkolom te halen;
 - o Eén of meerdere luchtlekken in de leiding. Door het onzorgvuldig monteren van de bemaling is er een lek ontstaan in de verzamelleiding of in de aansluitingen van de haalbuizen op de verzamelleiding.

3.1.3 Toepassingsgebied

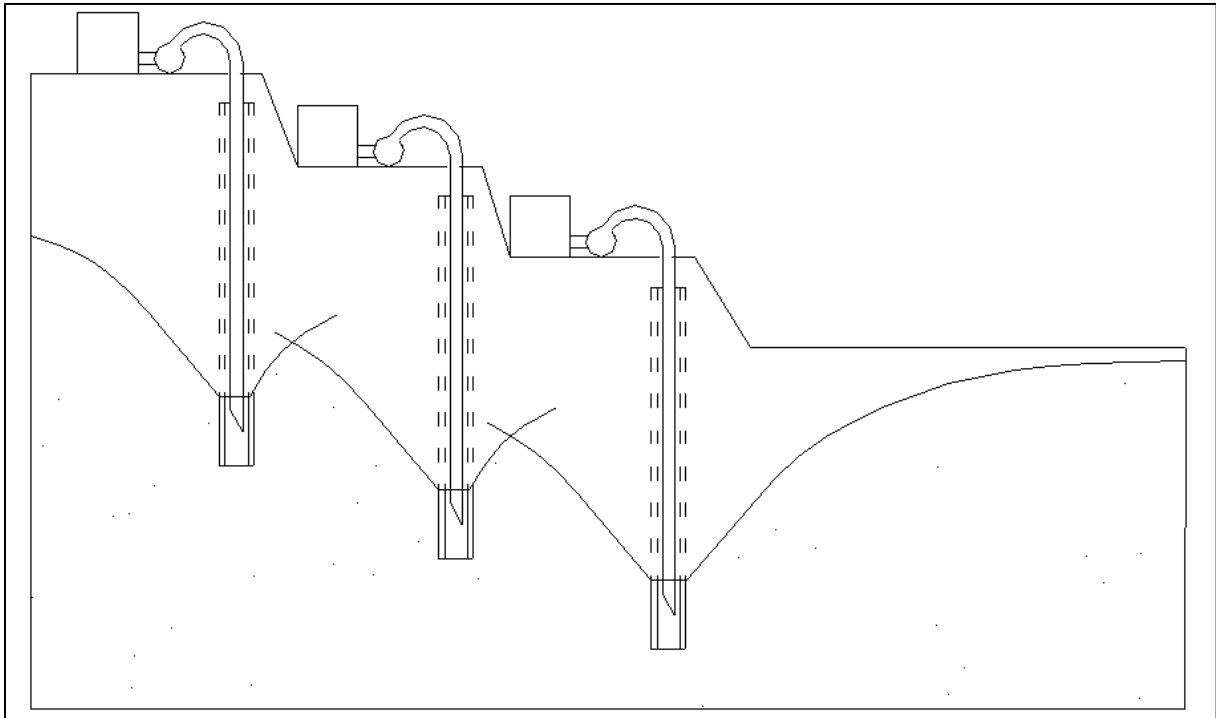
- **Stoorlagen.** Het gebruik van gravitaire filters is uiterst aangewezen in een ondergrond met veel stoorlagen. Met één lang filterelement kan men gelijktijdig water onttrekken aan alle watervoerende laagjes;
- **Rendement – investering.** Gravitaire bemalingsfilters worden geplaatst aan een gemiddeld rendement van 30 à 50 stuks per dag per ploeg. Als zij geplaatst worden op een tussenafstand van 5 m komt dit overeen met 150 à 250 m bemalingsleiding. De kosten voor materieel en materiaal zijn merkkelijk kleiner dan bij een kettinggraafmachine voor de installatie van horizontale drains (zie paragraaf 2). Alle bouwputten die een omtrek hebben van deze grootte en waar de grondwaterstand slechts met 4,0 à 4,5 m verlaagd dient te worden zijn dan ook perfect geschikt voor deze techniek (uiteraard speelt de overspanning van de bouwput ook nog een rol hierin);

- **Harde ondergrond.** Zelfs in aanwezigheid van steenbanken of aanvullingsmateriaal kunnen de filters worden ingebracht, althans machinaal. Dit in tegenstelling tot een horizontale drainage. Ook wanneer veel waterverlies tijdens het spoelboren optreedt kan dit opgelost worden door de filters binnenin de boorstangen te installeren;
- **Kabels en leidingen.** De filters worden op discrete punten ingebracht. Hierdoor kunnen zij geplaatst worden tussen kabels en leidingen. In bebouwde zones en ter hoogte van bestaande wegen zijn zij dan ook een vaak gekozen uitvoeringsmethode. Om schade aan kabels en leidingen te voorkomen moeten deze vóór het aanvatten van de boorwerkzaamheden opgespoord worden.



Figuur 9: Uitvoering van een filterbemaling met zuigerpompen.

3.2 Getrapte filterbemaling



Figuur 10: Conceptuele opstelling van een getrapte filterbemaling.

3.2.1 Beschrijving

Een getrapte bemaling bestaat uit een aantal filterbemalingen die elk op een verschillend niveau worden aanzet (Figuur 10). Eerst wordt er afgegraven tot een halve meter boven de bestaande grondwaterstand. Vanaf deze stand wordt een bemaling met gravitaire filters aangebracht. Dit is de eerste trap van de bemaling. Er kan nu verder uitgegraven worden tot 3,5 à 4,0 m onder het aanzetpeil van de eerste trap. Vanaf dit peil wordt een tweede bemaling aangebracht met gravitaire filters. Dit is de tweede trap. De grondwaterstand kan nu opnieuw met ca. 4,0 à 4,5 m verlaagd worden. Indien gewenst kan op 3,5 à 4,0 m onder de tweede trap nog een derde trap aangebracht worden. Op deze wijze kan de grondwaterstand veel dieper verlaagd worden dan 4,0 à 4,5 m.

3.2.2 Toepassingsgebied

Horizontale drains en filterbemalingen hebben een zeer belangrijke beperking. De grondwaterverlaging die je ermee kan bereiken is immers beperkt tot ca. 4,0 à 4,5 m onder het niveau van de pomp. Als het grondwater toch verder verlaagd moet worden kan onder andere een getrapte filterbemaling toegepast worden.

3.2.3 Bijzonderheden

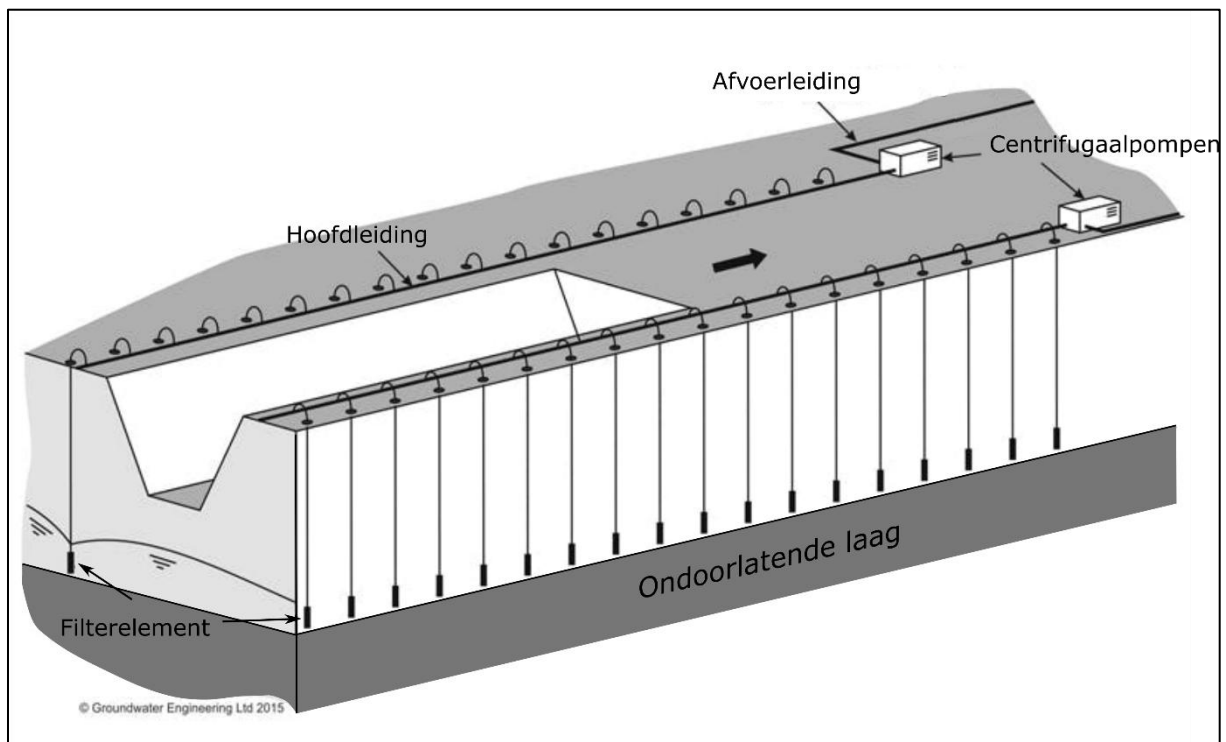
- **Totaal debiet - debiet per fase.** Naarmate er meer trappen aangelegd worden, wordt de grondwaterstand steeds verder verlaagd. Op die manier komt de pomp van elke bovenliggende trap steeds verder van de grondwaterstand af te liggen. Hierdoor kan de bovenliggende trap steeds minder water aanzuigen. Het debiet van de bovenliggende trap neemt af. Het totale debiet neemt echter continu toe. Een dieper gelegen trap moet bijgevolg altijd krachtiger zijn dan de bovenliggende trap. De laatste trap zal dus altijd de grootste onttrekkingscapaciteit moeten hebben. Dit wil ook zeggen dat de laatste trap het meeste filters zal hebben en het grootste aantal pompen. Bij eenzelfde grondwaterverlaging is het debiet van een getrapte bemaling kleiner dan het debiet van een bemaling met dieptebronnen;
- **Ruimte.** Door de uitgravingswerken ten behoeve van de verschillende trappen is de ruimte waarop deze laatste trap geplaatst moet worden veel kleiner dan de ruimte die beschikbaar was voor de eerste trap. De beschikbare ruimte vormt een beperking op de diepte die je met een getrapte bemaling kan bereiken. Voor elke trap moeten een talud en een banket worden uitgegraven. Om veiligheidsredenen wordt de hellingsgraad van dit talud best beperkt (te bekijken door stabiliteitsingenieur). Het banket heeft een breedte van ca. 1,5 m. Om uit te kunnen graven tot op een diepte van 12 m (drie trappen) wordt aan de omtrek van de bouwput een zone van minimaal 16,5 m grond verloren. Deze techniek wordt dan ook voornamelijk toegepast in onbebouwde zones waar de ruimte beschikbaar is en de prijs van de grond laag is;
- **Grondverzet.** Het uitgraven van het enorme talud vraagt bovendien heel wat extra grondwerk. Het grondwerk kan niet in één fase worden uitgevoerd. Na het plaatsen van elke trap volgt er een onderbreking;
- **Kwetsbaar.** Elke bemaling is kwetsbaar. De pompen worden immers meestal elektrisch aangedreven. Als de stroomvoorziening uitvalt, valt bijgevolg ook de volledige bemaling uit. De stroomvoorziening kan echter op eenvoudige wijze beveiligd worden. Bij een getrapte bemaling kan bovendien de verzamelleiding of een haalleiding beschadigd worden. Hierdoor valt de bemaling eveneens uit. Het is zo goed als onmogelijk om dit automatisch te beveiligen. De schade kan echter zeer groot zijn. Bovendien kan ze zich voltrekken in een korte tijdsspanne. Een permanente wacht of een automatisch alarmsignaal als de peilen ineens stijgen dringt zich dan ook op;
- **Hinderlijk** voor andere werkzaamheden. De grote hoeveelheid leidingen, kabels en filters die rondom de bouwput worden aangebracht kunnen de aannemer hinderen tijdens het uitvoeren van zijn werkzaamheden.

Om al deze redenen wordt deze techniek meestal niet aangewend als hij kan vervangen worden door een bronbemaling met dieptebronnen (zie paragraaf 5).

3.3 Vacuüm filterbemaling

3.3.1 Beschrijving

Vacuüm bemalingsfilters hebben een haalbuis met een lengte die kleiner is dan het vacuüm dat door de pomp wordt geleverd, uitgedrukt in meter waterkolom. Meestal gaat het om bemalingen waar er op beperkte diepte een ondoorlatende laag voorkomt die men niet wil doorboren (Figuur 11). De lengte van het filterelement is dan ook dikwijls veel kleiner dan de lengte van de haalbuis. Dit is om het risico van luchtinbraak maximaal te beperken. Om dezelfde reden moet de annulaire ruimte maximaal afgedicht worden. Dit gebeurt door het filtrerende gedeelte van een grindomstorting te voorzien en de rest van de annulaire ruimte dicht te storten met klei pellets. Buiten deze specifieke uitvoeringsvoorschriften zijn er ook andere technieken die het behoud van vacuüm mogelijk maken.



Figuur 11: Conceptuele opstelling van een vacuüm filterbemaling (bron: Groundwater Engineering Ltd).

3.3.2 Eigenschappen

- **Grondwaterverlaging.** Met vacuümfilters kan in een goed doorlatende grond een grondwaterverlaging bereikt worden die kleiner is dan met gravitaire filters onder vergelijkbare omstandigheden. Veel hangt af van de verzadigde filterhoogte en van de kwaliteit van de afdichting van de annulaire ruimte, en dus van het vacuüm dat werkelijk gerealiseerd kan worden;
- **Debiet.** De werking van een vacuüm bemalingsfilter is te vergelijken met die van een stofzuiger. Het water wordt naar de filter toe gezogen. Het debiet per filter is vooral afhankelijk van de doorlatendheid van de ondergrond en van het werkelijke vacuüm dat gehaald wordt;
- **Tussenafstand.** Omdat het vacuüm in de grond ruimtelijk zeer beperkt is wordt de tussenafstand tussen de filters meestal beperkt;
- **Vacuüm.** Het vacuüm in een zorgvuldig geïnstalleerde vacuüm bemaling is afhankelijk van de luchtlekken in de grond. Grote luchtlekken herleiden het vacuüm in belangrijke mate,

waardoor de bemaling inefficiënt wordt. Het debiet valt in dat geval zeer sterk terug, de gewenste verlaging wordt niet bereikt en het water stijgt terug naar zijn oorspronkelijke stand. Luchtlekken zijn echter niet te vermijden. Bij een degelijk geïnstalleerde vacuümbemaling dient het aan de pomp gemeten vacuüm minstens gelijk te zijn aan de diepte van de filters. Dit vergt een relatief grote pompcapaciteit. Een te hoog vacuüm wijst op verstopping van de filters. Er is dan geen luchtlek meer, het vacuüm is hoog en het debiet is klein;

- **Vacuüm filters en lucht.** Indien er minder water toestroomt naar het boorgat dan eruit wordt weggezogen dan komt het boorgat op termijn droog te staan. Op dit ogenblik wordt er voornamelijk lucht aangezogen. Om een luchtlek te beperken is het absoluut noodzakelijk dat de boorgaten worden afgedicht. Dit kan door de gaten dicht te spuiten of door ze aan te vullen. Daartoe wordt filtergrind gestort tot 0,5 m boven het filterelement. Het overige deel van het boorgat wordt aangestort met afdichtende klei. Door de zeer beperkte annulaire ruimte is de aanvulling dikwijls niet perfect. Filters die toch veel lucht aanzuigen worden afgesloten.

3.3.3 Toepassingsgebied

- **Goed doorlatende gronden zonder stoorlagen.** In goed doorlatende zanden en grinden zonder stoorlagen treedt luchtinbraak slechts op wanneer de grondwaterstand verlaagd is tot op het peil van het filterelement. Het doel is dan reeds bereikt. Van zodra de waterstand een beetje stijgt stopt de luchtinbraak vanzelf;
- **Bemaling tot op een ondoorlatende laag.** Op die plaatsen waar een ondoorlatende laag voorkomt op een diepte kleiner dan 8 m kan een vacuüm filterbemaling toegepast worden. Om luchtinbraak te vermijden moet getracht worden om het filterelement 1 m beneden het uitgravingspeil te houden. In het geval dat uitgegraven moet worden tot op de ondoorlatende laag moet bijzonder veel aandacht besteed worden aan de afwerking van de filters. Luchtinbraak wordt dan immers haast onvermijdelijk. Het hangwater of grondwater dat tussen de filters doorstroomt moet opgevangen worden met een open bemaling;
- **Matig doorlatende gronden.** Omwille van de extra zuigkracht zijn vacuümbemalingen beter geschikt om het water aan de fijne poriën van deze gronden te onttrekken.
- **Rendement – investering.** Zie gravitaire bemaling;
- **Harde ondergrond.** Zie gravitaire bemaling;
- **Kabels en leidingen.** Zie gravitaire bemaling.

3.4 Automatische peilsturing bij een bemaling met verticale filters

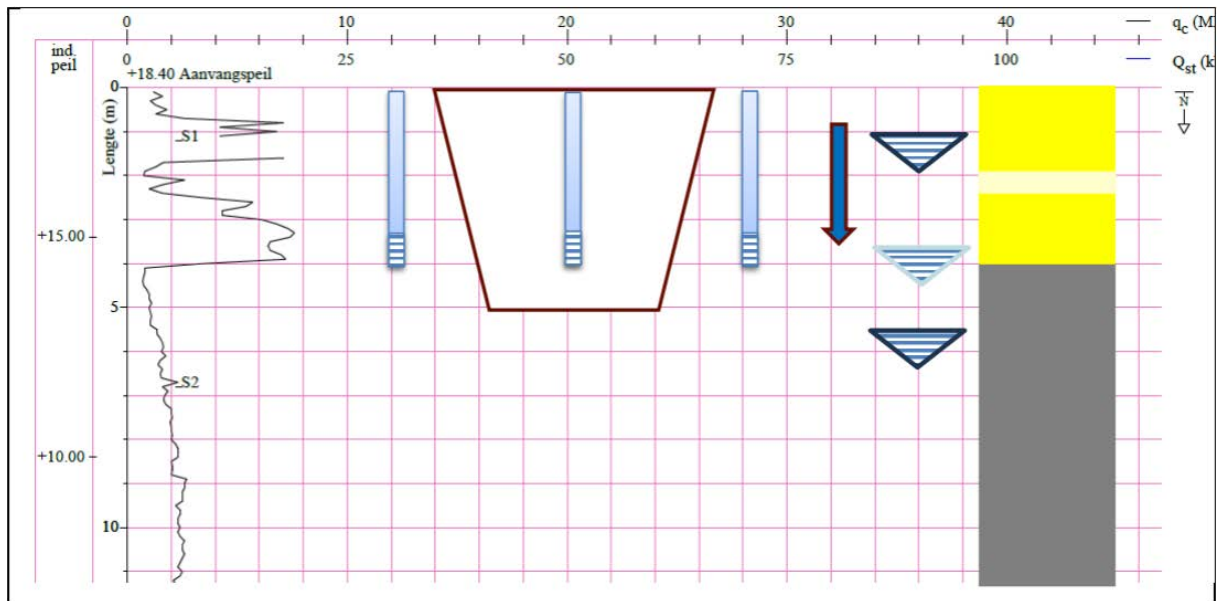
Conform artikel 5.53.6.1.2. §5 van VLAREM II² is het verplicht de pompen van een bemaling zodanig automatisch te sturen dat het grondwaterpeil niet verder wordt verlaagd dan nodig is. Bij een bemaling met verticale filters kan de pomp automatisch gestuurd worden op basis van het peil dat wordt opgemeten in een peilbuis. Door middel van de automatische sturing wordt het grondwaterpeil niet verder verlaagd dan nodig is. Op die manier wordt het waterbezwaar onder controle gehouden alsook het effect op de omgeving. Bovendien kan het bemalingspeil eenvoudig worden bijgesteld in functie van de voortgang van de werken.

Er zijn twee vormen van automatische sturing van de pompen waarbij het peil niet verder verlaagd dan

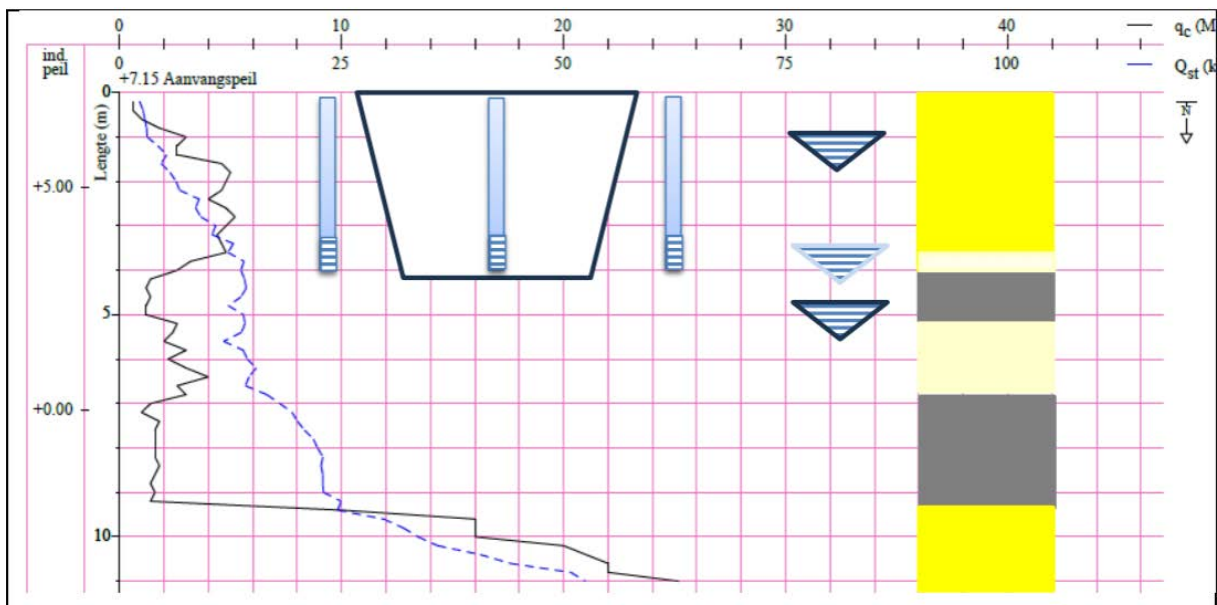
² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

nodig is: een start- en stopsysteem op basis van een sonde in een peilbuis en een frequentiesturing op basis van een sonde in een peilbuis.

In hydrogeologische situaties waarbij korte filters aangezet worden op een ondiep voorkomende kleilaag en de uitgraving zich net dieper bevindt dan de top van de kleilaag (Figuur 12), wordt de pomp automatisch gestuurd door de aanzetdiepte van de filters. Ook als de uitgraving zich net boven die top van de ondiepe kleilaag situeert bepaalt de aanzetdiepte van de filters de facto het maximale verlagingsniveau (Figuur 13). In dergelijke gevallen zal een automatische sturing van de pomp geen meerwaarde hebben. Dit moet wel gemotiveerd worden in een vergunningsaanvraag/melding.



Figuur 12: Hydrogeologische setting waarbij er uitgegraven wordt tot in een kleilaag en het bovenste pakket zand bemaald wordt door middel van korte filters.



Figuur 13: Hydrogeologische setting waarbij er uitgegraven wordt tot op een kleilaag en het bovenste pakket zand bemaald wordt door middel van korte filters.

3.4.1 Start- en stopsysteem

Bij een sturing op basis van een start- en stopsysteem wordt de pomp gestuurd op basis van het peil dat opgemeten wordt door middel van een sonde in een peilbuis. Als het grondwater daalt tot onder de onderkant van de sonde, slaat de pomp af en stopt deze met werken. Het grondwaterpeil zal hierdoor opnieuw stijgen. Eénmaal het grondwaterpeil gestegen is tot boven de bovenkant van de sonde, dan springt de pomp opnieuw aan. Er kan tevens gebruik gemaakt worden van een druksonde die onderaan een peilbuis wordt gehangen, waarbij de pomp aan- en afslaat op basis van de opgemeten grondwaterdruk in de peilbuis.

Om te vermijden dat de pomp te veel op en af slaat, waarbij telkens een piekstroom veroorzaakt wordt, is het van belang de pomp manueel bij te sturen door de aanzuigleiding te snoeren of een beetje lucht bij te geven, bv. via een ventiel. De betrachting van deze manuele bijsturing moet zijn om de pomp zo af te stellen dat het pompdebiet vrij constant kan blijven en de stationaire afpompingsovereenkomst met het beoogde bemalingspeil van 0,5 m onder het uitgravingspeil. Indien om één of andere redenen het grondwater nadien verder verlaagt tot de onderkant van de sonde, zal in elk geval de pomp afspringen tot het peil weer gestegen is. Bovenstaande illustreert de noodzaak om bij een automatische peilsturing door middel van een start- en stopsysteem steeds ook manueel bij te sturen indien nodig.

De meest geschikte locatie voor de automatische peilsturing moet oordeelkundig bepaald worden in functie van de geometrie van de bouwput. De peilput moet een filterstelling hebben in de watervoerende laag waarin bemaald wordt. Eénmaal de uitgraving van start gaat en de peilput niet meer kan behouden blijven, kan deze vervangen worden door een peilput buiten de bouwput. Er moet dan wel een correlatie gemaakt zijn tussen de metingen in de te liquideren peilput en in de peilput buiten de bouwput. In praktijk moet de peilput buiten de bouwput dan ook reeds bij opstart van de bemaling voorzien en gemonitord worden, zodat de correlatie mogelijk is.

Een automatische peilsturing op basis van een start- en stopsysteem is een relatief goedkope manier van sturing, aangezien het met elk type zuigerpomp kan worden uitgevoerd. Het principe van aan- en afslaan van de pomp zou geen probleem mogen zijn, op voorwaarde dat dit niet op een zeer kort tijdsinterval herhaald wordt, de pomp goed onderhouden is, het vacuüm in de leidingen goed behouden wordt en de motor niet oververhit geraakt (zie onder).

Bij vriesweer wordt afgeraden de zuigerpomp te laten aan- en afslaan. Het is dan ook wettelijk toegelaten om bij vriesweer het technisch noodzakelijke minimale debiet te verpompen om vorstschade te vermijden³.

Een automatische peilsturing op basis van een start- en stopsysteem is minder aangewezen in eerder slecht doorlatende gronden, omdat het risico op verlies van het vacuüm dan groter is. Tevens is een start- en stopsysteem minder geschikt voor bemalingen in zeer doorlatende zanden en grinden, omdat de pomp dan zeer vaak aan- en afslaat. Het aanslaan van de pomp veroorzaakt steeds een stroompiek. Indien de frequentie van het aan- en afslaan te hoog ligt, bestaat daardoor het risico op oververhitting van de motor⁴. Eventueel kan in dergelijke goed doorlatende gronden een regelkraan voorzien worden op de zuigleiding om het debiet te verlagen, zodat de pomp minder vaak aan- en afslaat.

³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

⁴ Om te bepalen of de frequentie van het aan- en uitslaan van een pomp acceptabel is en geen schade aan de pomp kan veroorzaken, moet men zich wenden tot de productvoorschriften van het betreffende type pomp.

3.4.2 Frequentiesturing

Bij het toepassen van een frequentiesturing wordt de bemalingspomp eveneens gestuurd op basis van een sonde in een peilbuis. Echter zal de pomp niet afslaan, maar zal het toerental van de pomp terugvallen indien het grondwaterpeil zakt tot onder een vooraf ingesteld peil. Wanneer het grondwater opnieuw stijgt tot boven dit peil, zal de pomp opnieuw aan het normale toerental draaien.

Voor de keuze van een geschikte locatie voor de peilbuis, wordt verwezen naar paragraaf 3.4.1.

Het voordeel aan een frequentiesturing is dat de pomp niet afslaat. Een frequentiesturing is dan ook te verkiezen in weinig doorlatende gronden waar de kans groter is om het vacuüm op de leidingen te verliezen. In zeer goed doorlatende gronden is een frequentiesturing ook te verkiezen, om te vermijden dat de pomp al te vaak aan- en afslaat. De pompcapaciteit van de bemalingspomp moet afgestemd zijn op het te verwachten stationair debiet van de bemaling.

Een frequentiesturing is hoofdzakelijk toepasbaar bij elektrische driefasige pompen (360V). Mits een technische aanpassing van de pomp is het tevens toepasbaar bij monofasige elektrische pompen (220V). Het toepassen van een frequentiesturing bij dieselpompen vergt complexe technische aanpassingen die resulteren in een onstabiele pompwerking. In dergelijke gevallen is het beter te opteren voor een elektrische pomp aangedreven door een stroomgenerator.

Het toepassen van een frequentiesturing is duurder in vergelijking met een sturing op basis van een start- en stopsysteem.

4 Bemaling met dieptebronnen

4.1 Dieptebronnen met onderwaterpompen (gravitair)

Met vacuümpompen kan maar een beperkte grondwaterverlaging gerealiseerd worden. Een bronbemaling met behulp van dieptebronnen laat toe om de grondwaterstand onbeperkt te verlagen zonder toegevingen te doen aan de ruimte of aan de veiligheid. Mits een goede coördinatie van de werken met de aannemer hindert deze techniek de werkzaamheden heel wat minder.

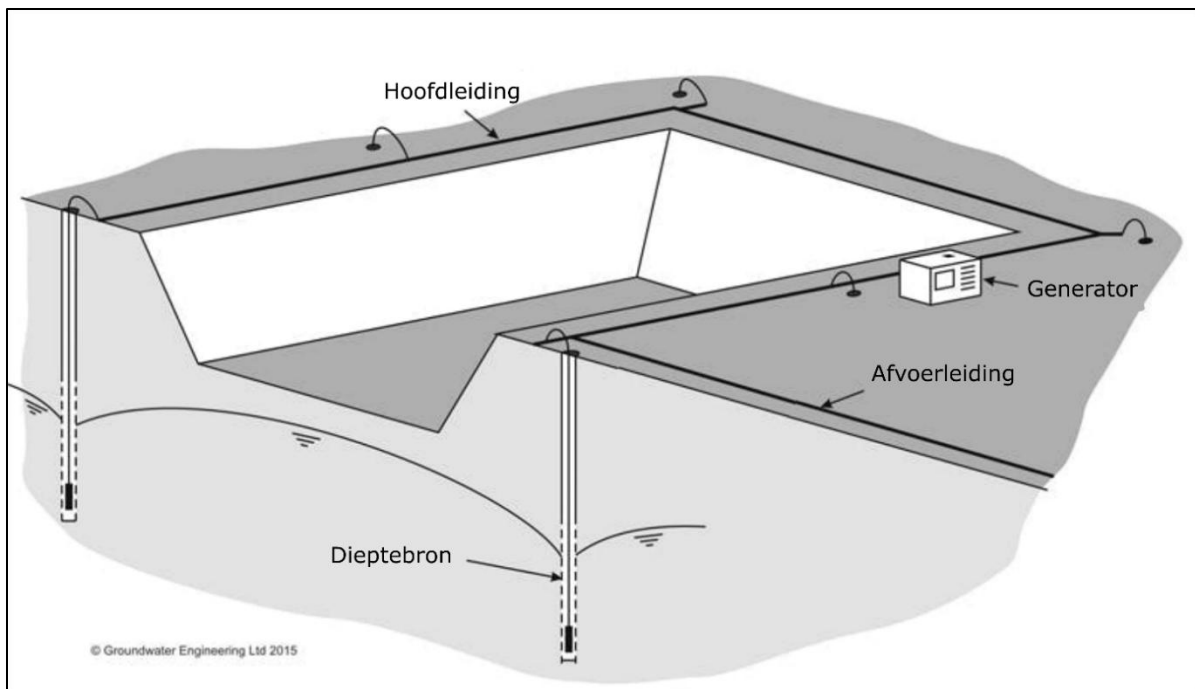
4.1.1 Beschrijving

Bij een bemaling met dieptebronnen worden onderwaterpompen in de bron geplaatst onder het grondwateroppervlak, wordt het water naar boven geperst en kunnen de afvoeren individueel aangelegd worden of aangesloten worden op eenzelfde afvoercollector (Figuur 14). De bronnen worden elektrisch aangesloten via schakelkasten.

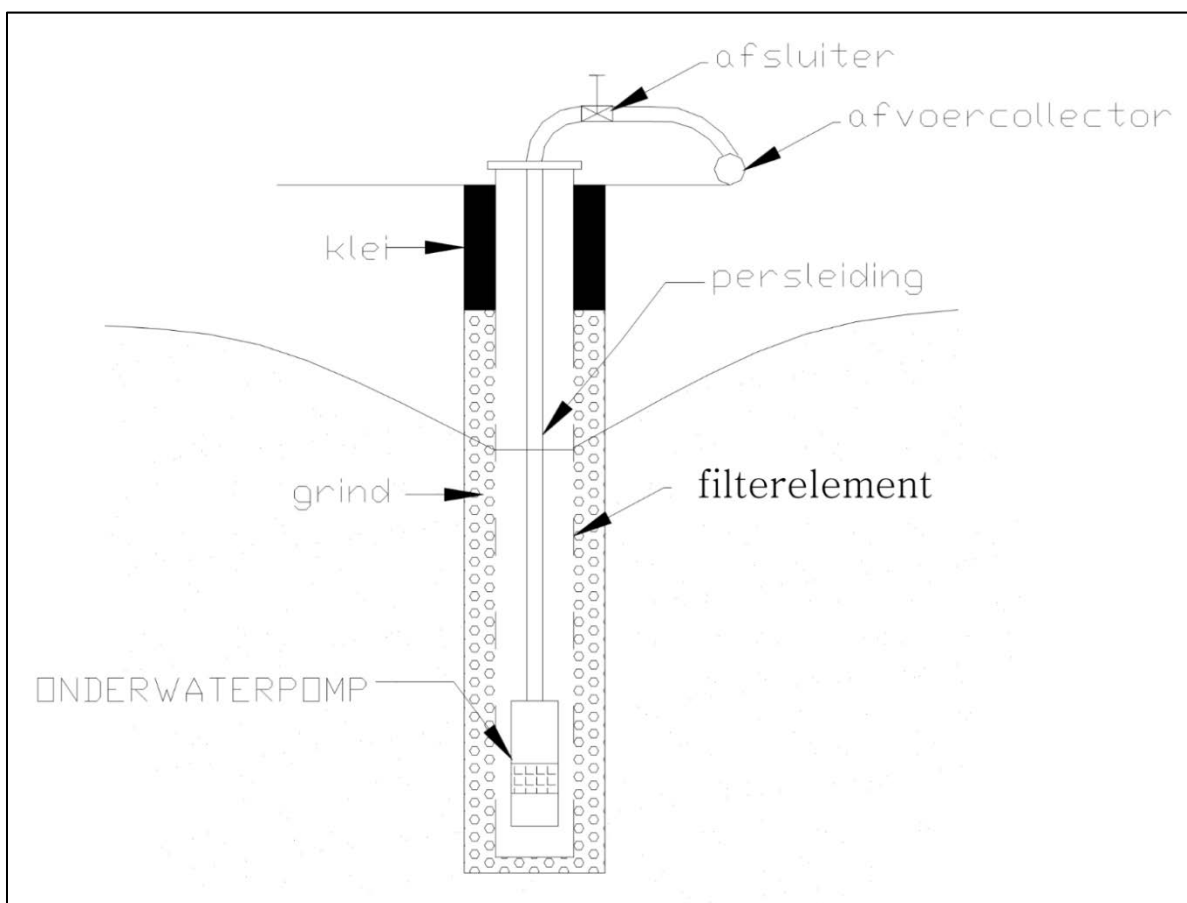
De kern van dit type bemaling is de dieptebron (Figuur 15). Zij bestaat uit:

- een onderwaterpomp met hieraan een pers- en afvoerleiding;
- een putbuis uit kunststof of metaal die d.m.v. afstandhouders in het boorgat geplaatst wordt;
- een omstorting met drainerend en afdichtend materiaal.

In hoofdstuk 2 van de Technische Voorlichting 'Tijdelijke bemalingen op werven' opgesteld door Buildwise^[a] wordt extra technische informatie over het uitvoeren van een bemaling met dieptebronnen beschreven.



Figuur 14: Conceptuele opstelling van een bemaling door middel van gravitaire dieptebronnen (bron: Groundwater Engineering Ltd).



Figuur 15: Schematische opbouw van een gravitaire dieptebron.



Figuur 16: Onderwaterpompen.



Figuur 17: Plaatsing van een onderwaterpomp in een dieptebron met behulp van een kraan.

4.1.2 Eigenschappen

- **Bemalingsdiepte.** De bemalingsdiepte is theoretisch onbeperkt. Een onderwaterpomp duwt het water omhoog in de persleiding. De opvoerhoogte wordt bepaald door het ontwerp van de pomp en is in theorie onbegrensd. De diepte van de pompput is dus eveneens onbegrensd. De gewenste verlaging in een bepaalde watervoerende laag wordt bepaald door het aantal en de aard van de dieptebronnen;
- **Uitvoering in één fase.** In tegenstelling tot een getrapte bemaling kan al het werk in één fase worden uitgevoerd. Het grondwerk kan eveneens in één fase gebeuren;

- **Betrouwbaarheid.** Technisch staan de onderwaterpompen op punt. Het elektrisch gedeelte is de zwakste schakel van heel het systeem. Het kan echter goed beveiligd worden tegen een algemene stroompanne door het gebruik van een noodstroomgroep. Individuele defecten aan pompen of kabels leiden nooit tot het volledig uitvallen van de bemalingsinstallatie. Meestal bestaat de installatie uit een aantal bronnen. Het wegvallen van één bron geeft dan een beperkte storing die mits tijdig ingrijpen geen ernstige gevolgen heeft. Dit alles in tegenstelling tot een getrapte bemaling, waar de zwakste schakel de vacuümleiding is. Deze is veel minder goed te beveiligen. Bovendien valt bij het wegvallen van het vacuüm ook meteen de volledige bemaling weg. De bemaling met dieptebronnen is ook perfect uit te rusten met alarmen op de voeding (via de schakelkast), alarmen op de grondwaterstand (via een hoog-laagwater sonde) en zeer goed stuurbaar per dieptebron;
- **Debiet.** Het debiet kan per bron ingeregeld worden. Voor eenzelfde grondwaterverlaging moet er een groter debiet onttrokken worden dan in het geval van een getrapte bemaling, althans voor onvolkomen bronnen;
- **Ruimte.** Een bronbemaling met dieptebronnen neemt zeer weinig ruimte in. Eventueel kunnen de bronnen in de bouwput worden geboord waar zij vervolgens in de bouwputbodem worden ingewerkt;
- **Flexibiliteit.** Op elk moment en om eender welke reden kunnen er extra bronnen worden geboord. Er moet bij deze aanpassingen steeds op worden toegezien dat ook de elektrische installatie en de afvoercapaciteit mee worden aangepast.

4.1.3 Toepassingsgebied

- **Diepe en langdurige bemalingswerken.** Omwille van de betrouwbaarheid, de geringe ruimte die nodig is, de beperkte hinder die men ervan ondervindt op de werf en het uitvoeren van het werk in één fase genieten dieptebronnen vaak de voorkeur boven een getrapte bemaling;
- **Homogene en goed doorlatende gronden.** Enkel bouwputten in homogene en goed doorlatende gronden kunnen alleen met dieptebronnen worden drooggezet. Zij worden meestal gebruikt om de waterstand in één welbepaalde watervoerende laag te verlagen. Bovendien worden ze relatief ver uit elkaar geplaatst. Daardoor hebben ze slechts weinig effect op die lagen waarin ze geen filterelement hebben. In gronden met meerdere stoorlagen zal men dieptebronnen gebruiken in combinatie met andere technieken;
- **Gravitaire bronnen.** Dit type bron is te vergelijken met gravitaire bemalingsfilters. Het grondwater stroomt onder invloed van de zwaartekracht naar de dieptebron. Het wordt vervolgens uit de pompput weggepompt met een onderwaterpomp. De waterstand in de pompput kan met behulp van de regelkraan zodanig afgeregeld worden dat de onderwaterpomp steeds een aantal meter onder de waterspiegel in de pompput hangt. Voor zeer langdurige en complexe bemalingen kan de waterstand gestuurd worden door een frequentieregeling toe te passen, waardoor het toerental van de pompmotor wordt gevarieerd. Indien de waterstand in de bronnen niet geregeld wordt, bestaat de kans dat de pomp uiteindelijk verstopt met oxides (redoxgrens in putbuis wordt verlaagd). Het filterelement wordt best in hoogte beperkt zodat er geen invallend water doorheen stroomt. Het invallend water is intens met zuurstof gemengd waardoor ook daarin oxides ontstaan, die de bronnen kunnen doen dichtslibben;
- **Voordelen bemaling met dieptebronnen:**
 - Ze laat toe om de grondwaterstand onbeperkt te verlagen;

- o De volledige bemaling kan uitgevoerd worden in één interventie;
- o Ze is erg betrouwbaar;
- o Het systeem kan bovendien afdoende beveiligd worden;
- o Ze neemt slechts weinig ruimte in.
- **Nadelen bemaling met dieptebronnen:**
 - o Met dieptebronnen wordt bij eenzelfde grondwaterverlaging een groter debiet onttrokken dan met een getrapte bemaling of met een bemaling met horizontale drains, omdat een dieper deel van de watervoerende laag betrokken wordt bij het pompen. Dit geldt voor onvolkomen bronnen;
 - o Met dieptebronnen alleen kan een bouwput slechts volledig bemaald worden in een goed doorlatende ondergrond zonder stoorlagen. Indien er toch stoorlagen zijn, zullen andere technieken moeten gecombineerd worden.



Figuur 18: Uitvoering van een bemaling met dieptebronnen.

4.2 Dieptebronnen met onderwaterpompen en supplementair vacuüm

4.2.1 Beschrijving

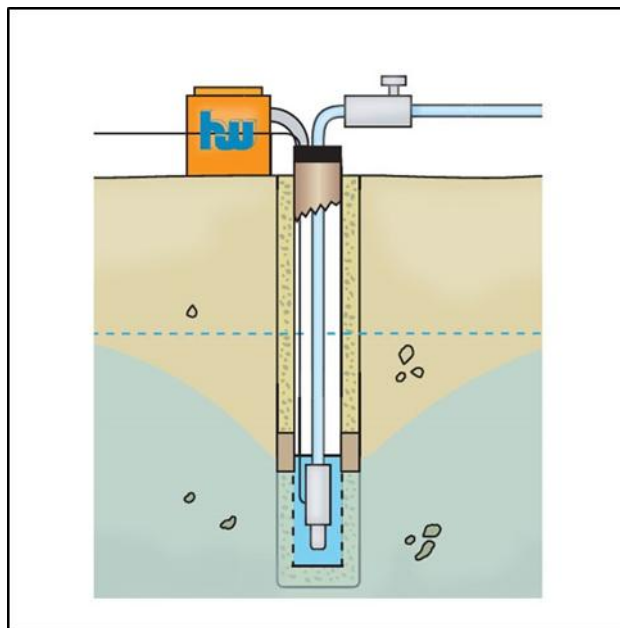
Bij dieptebronnen met onderwaterpompen kan men supplementair in de bron de luchtdruk verlagen. Hierdoor ontstaat, boven op het gravitair toelopen van grondwater, een zuigkracht. Het vacuüm wordt aangebracht door middel van een vacuümpomp die met behulp van een leiding aangesloten wordt op de putkop van de dieptebron (Figuur 19). Een alternatief dat in Vlaanderen nauwelijks wordt toegepast, maar des te meer in Engeland, zijn ejectorsystemen waarbij door een Venturi systeem in een afgesloten putbuis een vacuüm wordt gecreëerd.

Het debiet van een vacuümbron ligt merkkelijk hoger dan het debiet van een gravitaire bron. Om de vacuüminstallatie optimaal te kunnen benutten moet luchtinbraak zo veel mogelijk vermeden worden door:

- De putkoppen af te dichten;
- De dieptebron te voorzien van een relatief korte filter;
- Een grindomstorting aan te brengen tot een paar meter boven het filterelement en boven de grindomstorting een afdichtende klei omstorting aan te brengen;
- De verlaging in de bron te beperken tot een niveau boven de bovenkant van de filter.

4.2.2 Toepassingsgebied

Vacuüm bronnen worden voornamelijk gebruikt om het grondwater te verlagen tot vlak boven een ondoorlatende laag, en/of wanneer de doorlatendheid van het zand waarin ze zijn aangelegd laag is.



Figuur 19: Schematische voorstelling van een vacuüm dieptebron (bron: Hölscher Wasserbau GmbH).

4.3 Automatische peilsturing bij een bemaling met dieptebronnen

Bij het uitvoeren van een bemaling met dieptebronnen is een automatische peilsturing door middel van een frequentiesturing te verkiezen boven het werken met een start- en stopsysteem. Het aan- en afslaan van een onderwaterpomp is immers nefast voor de pomp. De motor kan oververhit geraken door de stroompieken die worden gegenereerd bij het aan- en afslaan⁵. Indien (een deel van) het bemalingswater geretourneerd wordt, kan het aan- en afslaan bovendien zorgen voor drukvallen die nefast zijn voor de werking van de retourinstallatie.

Er wordt eveneens gestuurd op het peil dat opgemeten wordt in een peilbuis. Voor het bepalen van de beste locatie voor deze peilbuis, wordt verwezen naar paragraaf 3.4.1.

⁵ Om te bepalen of de frequentie van het aan- en uitslaan van een pomp acceptabel is en geen schade aan de pomp kan veroorzaken, moet men zich wenden tot de productvoorschriften van het betreffende type pomp.

5 Spanningsbemaling

5.1 Beschrijving

Een spanningsbemaling is een bemaling waarbij de stijghoogte van de gespannen grondwaterstand wordt verlaagd zodanig dat er geen opbarsten optreedt. Gespannen grondwater kan voorkomen onder een slecht doorlatende laag.

5.2 Eigenschappen

Een spanningsbemaling wordt steeds uitgevoerd via geboorde putten met voldoende diameter zodat de annulaire ruimte ter hoogte van de slecht doorlatende laag terug kan opgevuld worden met ondoorlatend materiaal (klei). Er wordt dan meestal gewerkt met onderwaterpompen die in de geboorde putten worden gehangen. Verticale filters zijn niet geschikt voor het uitvoeren van een spanningsbemaling omdat, door de uitvoeringstechniek waarmee verticale filters worden aangebracht, niet verzekerd kan worden dat de annulaire ruimte volledig kan opgevuld worden.

De PVC putbuizen moeten na een spanningsbemaling steeds worden opgevuld conform de voorschriften uit de code van goede praktijk in verband met het verlaten van grondwaterwinningen (zie [bijlage 6.19](#)).

Voor de toepassing van automatische peilsturing bij een spanningsbemaling wordt verwezen naar paragraaf 4.3.

5.3 Toepassingsgebied

Wanneer een bouwput wordt uitgegraven boven of tot in een slecht doorlatende laag die een watervoerende laag afsluit, kan de opwaartse druk onder die afsluitende laag hoger worden dan de equivalente gronddruk die overblijft na de ontgraving. Er ontstaat dan opbarstgevaar. Plots ontstaan er 'bronnen' in de bouwputbodem (Figuur 20), die dikwijls ook zand transporteren, wat uiteraard een zettings- en stabiliteitsrisico inhoudt. De bouwput stroomt vol tot op het niveau van de grondwaterstand in de gespannen watervoerende laag.

Dit kan voorkomen worden door de grondwaterstand in de onderste watervoerende laag te verlagen tot op een peil waaraan de bouwputbodem wel kan weerstaan (Figuur 21). Worden er echter door de afsluitende laag palen geheid of grindkernen geplaatst of is de kleilaag reeds opgebarsten, dan moet de grondwaterstand in de gespannen watervoerende laag verlaagd worden tot onder het uitgravingspeil.

Een spanningsbemaling wordt vaak toegepast in combinatie met een andere bemaling die dan dient om het water boven de waterremmende laag op te pompen. De techniek wordt ook gebruikt wanneer er te weinig overdruk is bij uitvoering van bv. slibwanden, wanneer deze slibwanden reiken tot in of doorheen een spanningslaag.

Bij een spanningsbemaling is het van groot belang om de waterstand in de gespannen watervoerende laag te kennen, en te monitoren tijdens de uitvoering, om permanent te kunnen oordelen of er veilig kan uitgegraven worden.

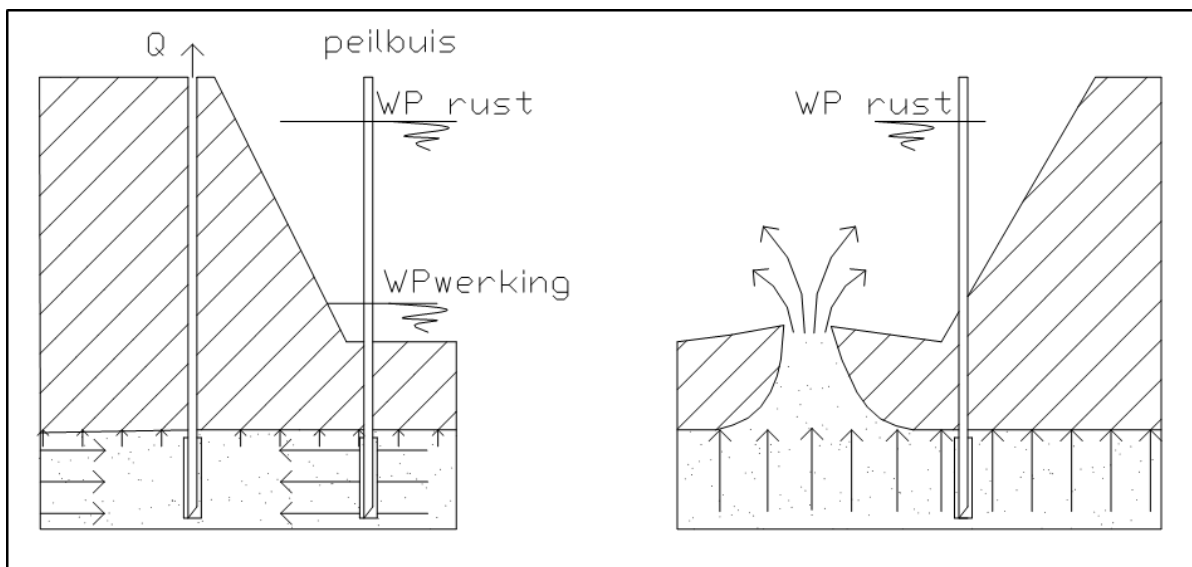
Een spanningsbemaling dient ook goed beveiligd te worden. Bij het wegvallen van de stroom en het uitvallen van de bemaling stijgt de waterstand in de gespannen watervoerende laag immers onmiddellijk. De bouwputbodem barst eveneens onmiddellijk open. Om dit te voorkomen moet de stroomtoevoer beveiligd worden met een noodgroep. Dit is een groep die automatisch in werking

treedt vanaf het ogenblik dat de normale stroomvoorziening wegvalt.

Wanneer er toch opbarsten is opgetreden, mag het water in de bouwput nooit weggepompt worden met klokpompen vooraleer de grondwaterstand in de gespannen watervoerende laag verlaagd is tot beneden het peil van de uitgraving. Het water zal immers blijven toestromen door de opgebarsten putbodem. Hierbij kunnen holtes ontstaan (zandtransport) onder de waterremmende laag die dan later inklinken en zettingen kunnen veroorzaken.



Figuur 20: Opbarsten van de bouwputbodem, met het ontstaan van 'bronnen' en zandtransport.



Figuur 21: Conceptueel model van spanningswater en opbarstgevaar.

6 Weer in de ondergrond brengen van bemalingswater

Conform de bemalingscascade uit VLAREM II, moet bemalingswater, voor zover dit met toepassing van de beste beschikbare technieken mogelijk is, zoveel mogelijk weer in de ondergrond gebracht worden⁶. Dit kan door het bemalingswater te retourneren via retourputten (paragraaf 6.1) of door het te laten

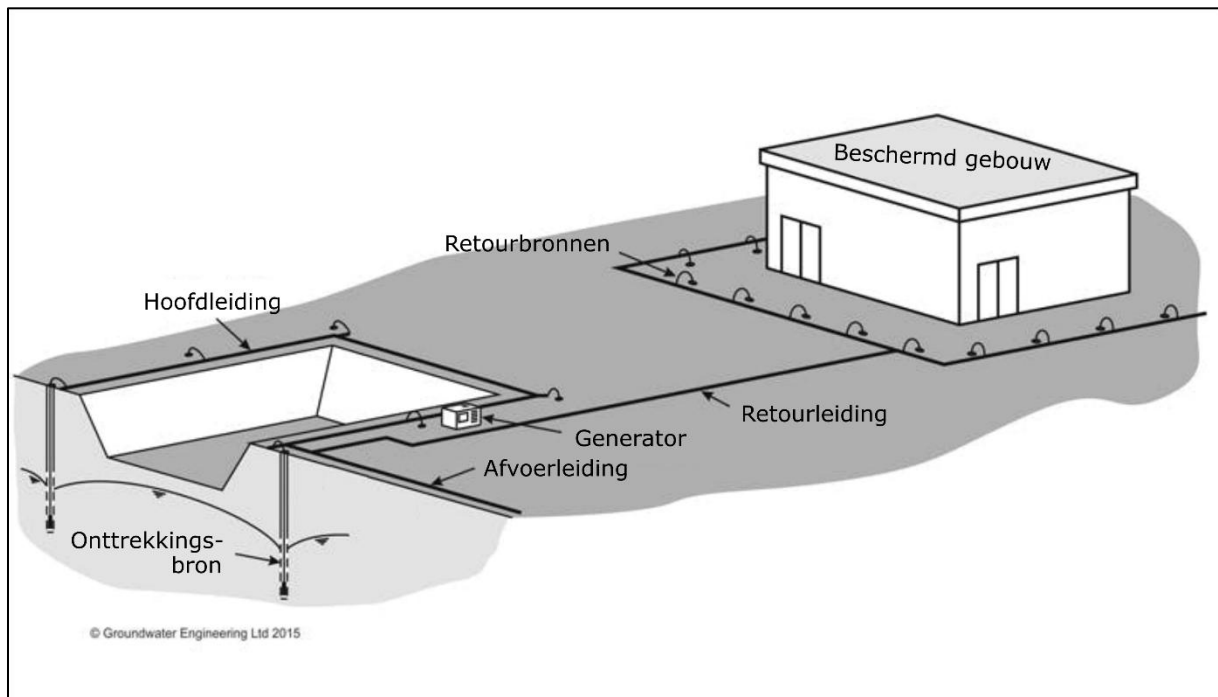
⁶ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91692&woLang=nl>

infiltreren via een infiltratievoorziening (een infiltratieput, -bekken of -gracht; paragraaf 6.2). Voor meer informatie over de wettelijke aspecten van het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater wordt verwezen naar [bijlage 6.6](#).

6.1 Retourbemaling

6.1.1 Beschrijving

Bij een retourbemaling wordt het bemalingswater dat opgepompt wordt met bemalingselementen terug in de ondergrond gebracht in dezelfde watervoerende laag⁷ door middel van retourelementen (Figuur 22).



Figuur 22: Conceptuele opstelling van een retourbemaling ter bescherming van een gebouw tegen zettingen (bron: Groundwater Engineering Ltd).

Door het toepassen van een retourbemaling binnen dezelfde watervoerende laag wordt de invloedszone van de bemaling beperkt. Hierdoor komt de verhanglijn steiler te staan (Figuur 23) en wordt het debiet dat moet opgepompt en geretourneerd worden groter.

Afhankelijk van de initiële grondwaterstand, van de mogelijkheid om de retourbronnen vrij homogeen te verdelen rondom de gehele bouwput en van de chemische kwaliteit van het opgepompte water, kan het noodzakelijk zijn om meer retourbronnen aan te leggen dan onttrekkingsbronnen. Eén en ander kan aanleiding geven tot het versneld verstopping van de retourputten, waardoor de opnamecapaciteit per put afneemt.

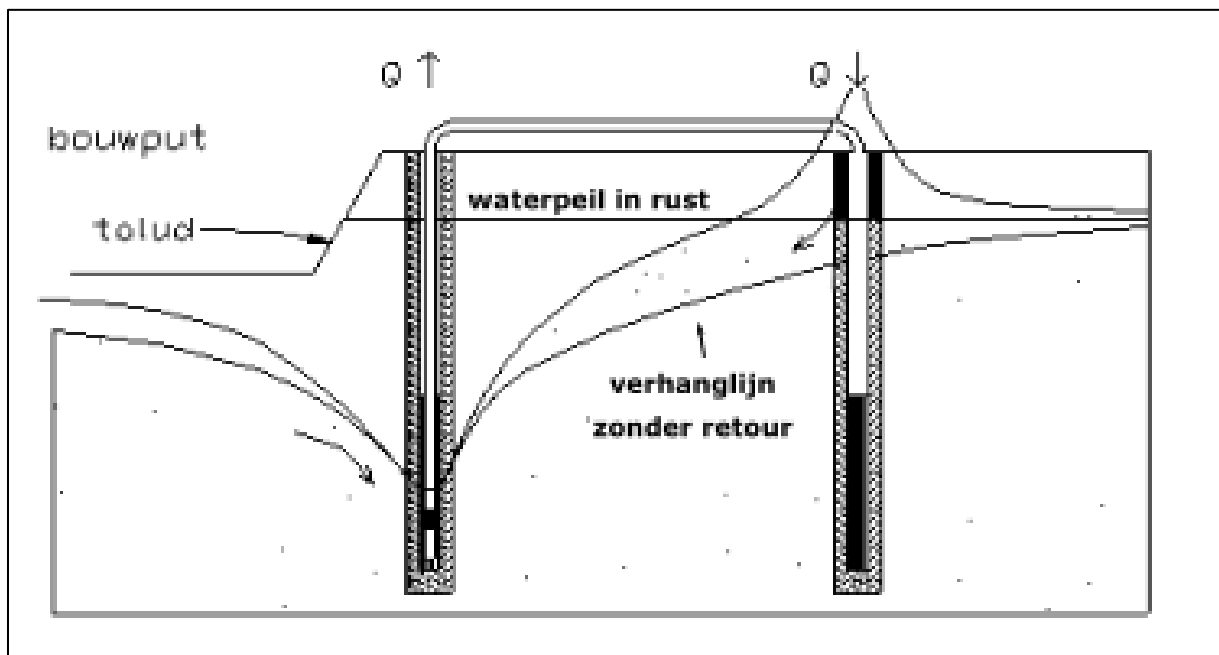
In zeer veel gevallen is de opnamecapaciteit van retourbronnen kleiner dan de onttrekkingscapaciteit van dieptebronnen, om verschillende redenen die al dan niet tegelijk kunnen voorkomen:

⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91692&woLang=nl>

- bij hoge initiële grondwaterstanden kan de noodzakelijke injectiedruk, zelfs zonder putverstopping, te hoog worden om de putstabiliteit te garanderen. Hiervoor geldt het Olsthoorn criterium⁸;
- bij freatische bemalingen wordt de redoxgrens in de pompputten verlaagd waardoor in het opgepompte water neerslagproducten ontstaan die de retourputten verstopen, ook al is hiermee bij het ontwerp voldoende rekening gehouden. Dit vermindert de opnamecapaciteit (lager specifiek debiet, zelfs met periodieke regeneratie). Voor meer informatie zie onderstaande paragrafen;
- in fijne, kleihoudende zanden leidt de druk op de boorgatwand bij injectie tot een relatieve compactie, waardoor de doorlatendheid vermindert, en dus de putweerstand verhoogt.

De ontwerper dient met deze factoren locatie-afhankelijk rekening te houden om zodoende voldoende retourcapaciteit te voorzien. Eventueel kunnen in studiefase injectieproeven worden uitgevoerd om het rendement van retourbronnen beter te kunnen kwantificeren.

In een infofiche opgesteld in kader van het COOCK-project 'Grondwaterbeheersing bij bouwprojecten' wordt meer informatie gegeven over de technische aspecten van retourbemaling⁹.



Figuur 23: Schematische voorstelling van een bemaling met retourbemaling door middel van een onttrekkingsput en een retourput.

⁸ Het Olsthoorn criterium^[b] stelt dat, om het opbarsten van bronnen te vermijden, de maximaal toelaatbare stijghoogte boven het maaiveld (in m) maximaal 0,2 maal de diepte mag zijn van de onderkant van de kleistop (in m-mv).

⁹ <https://www.grondwaterindebouw.be/documenten/>



Figuur 24: Uitvoering van een retourbemaling door middel van een retourbron.

6.1.2 Toepassingsgebied

Een retourbemaling wordt gebruikt om:

- De zettingen van bestaande constructies ten gevolge van een grondwaterverlaging te beperken. Dit kan rondom de volledige bouwput om in alle richtingen zettingen te vermijden, of ter hoogte van specifieke zettingsgevoelige constructies (Figuur 22). De retourbemaling gebeurt dan lokaal en meestal wordt slechts een deel van het opgepompte water geretourneerd;
- Te vermijden dat het opgepompte water geloosd wordt;
- De grondwaterstand in de omgeving op peil te houden zodat ter hoogte van aandachtsgebieden voor bemalingen (bv. een speciale beschermingszone, zie [bijlage 6.5](#)) de grondwatertafel niet (of minder) verlaagt (maatregel tegen verdroging);
- De voorraad aan grondwater in de watervoerende laag op peil te houden (maatregel tegen verspillen of versneld afvoeren van waardevol water);
- Een hydraulisch scherm te creëren om de verplaatsing van vervuiling of zout water intrusie te voorkomen.

6.1.3 Bijzonderheden bij de uitvoeringsaspecten bij retourbemaling

6.1.3.1 Redoxtoestand

Niet elk water kan zonder risico worden geretourneerd. Zo is de redoxtoestand van het grootste belang. De redoxtoestand beschrijft de relatie tussen de zuurgraad en de redoxpotentiaal. Beiden zijn aan elkaar verbonden omdat het gedrag van elektronen en waterstofionen (H^+) aan elkaar gekoppeld is.

Stoffen met een lage redoxtoestand zijn sterk gereduceerd; stoffen met een hoge redoxtoestand zijn sterk geoxideerd. Freatisch water, waarvan de top per definitie in aanraking komt met de bodemlucht, is al dan niet gedeeltelijk geoxideerd. Naarmate de diepte toeneemt, wordt de toestand meer en meer gereduceerd. De diepte in het freatisch pakket waarop het water zich in volledig gereduceerde omstandigheden bevindt, verschilt van locatie tot locatie.

Wanneer water wordt opgepompt tijdens een bemaling, is het van belang dat zo weinig mogelijk (liefst geen) water wordt aangetrokken met een hogere redoxpotentiaal dan het water waarin wordt geretourneerd. Ook is het van belang om het opgepompte water niet te beluchten. Wanneer dit wel het geval is ontstaan redoxreacties waarvan de neerslagproducten neerslaan in de onmiddellijke omgeving van de retourbronnen zodat deze kunnen verstopen. In dit geval kunnen de retourputten nog geregenereerd worden door ze terug te spoelen (pompen of *airliften*). Na herhaaldelijk en tijdig regenereren ontstaat er een min of meer inerte (geoxideerde) zone rond de retourbronnen waarin geen neerslag meer plaatsvindt. Verder verwijderd van de retourbron wordt de hoeveelheid neerslagproducten in verhouding tot het totale volume verzadigde bodem zo laag, dat ze geen verstopping meer veroorzaken.

Erger is het wanneer in de onttrekkingsputten zelf neerslagreacties ontstaan door het feit dat de afpompingsbron zo diep wordt gebracht dat er in de putfilter een mengeling ontstaat van water afkomstig van het freatisch oppervlak (geoxideerd), en gereduceerd water dat van dieper komt. De neerslagproducten worden dan permanent aangemaakt met een hoge concentratie van vaste deeltjes in het retourwater, wat in principe niet retourneerbaar is.

Aangezien bemalingen zeer dikwijls plaatsvinden in het bovenste gedeelte van een freatisch pakket, heeft men ook zeer dikwijls met deze problematiek te maken. Meestal is er tijd noch geld om de redoxtoestand vooraf te onderzoeken. Voor kortstondige ingrepen (dagen tot weken) volstaat het meestal een aantal vuistregels te hanteren (paragrafen 6.1.3.2 tot 6.1.3.6) om onoverkomelijke problemen te vermijden.

6.1.3.2 Drukhandhaving

Grondwater bevat in meer of mindere mate gassen in oplossing. De oplosbaarheid neemt toe met toenemende druk, dus ook met de diepte. Wanneer water van op een bepaalde diepte wordt opgepompt en via een leiding over het maaiveld naar een retourput wordt gevoerd zonder drukhandhaving, dan daalt de druk naar de atmosferische druk. Vermits deze lager is dan de hydrostatische druk die heerst ter hoogte van de onttrekkingsfilter, kunnen opgeloste gassen vrijkomen. De gasbelletjes komen samen met het grondwater in de retourbron terecht. Daar kunnen ze zich vasthechten aan de korrels van het grindpakket. Hierdoor daalt de doorlatendheid en dus het opnamevermogen van de bron dramatisch. Daarom geldt als vuistregel dat er een minimale drukhandhaving moet voorzien worden op elke positie van het leidingwerk van minimaal 0,5 bar (ondiepe onttrekking) tot 1,5 bar (diepere onttrekkingen) om ontgassing te voorkomen. De ontgassingsdruk kan ook op het terrein gemeten worden (Figuur 25).



Figuur 25: Illustratie van het meten van de ontgassingsdruk.

6.1.3.3 Stroomsnelheid

Hoge stroomsnelheden kunnen aanleiding geven tot lokale onderdrukken (Wet van Bernoulli). Daarom wordt de stroomsnelheid in heel het leidingenstelsel best beperkt tot maximaal 2 m/s.

6.1.3.4 Membraanfilterindex (MFI)

De membraanfilterindex (MFI) is een maat voor de hoeveelheid vaste deeltjes in suspensie. Hij wordt gemeten door water onder constante druk door een gestandaardiseerd membraan te pompen en de tijd op te meten die nodig is om een vast volume door het membraan te pompen (Figuur 26). De test is als volgt gestandaardiseerd:

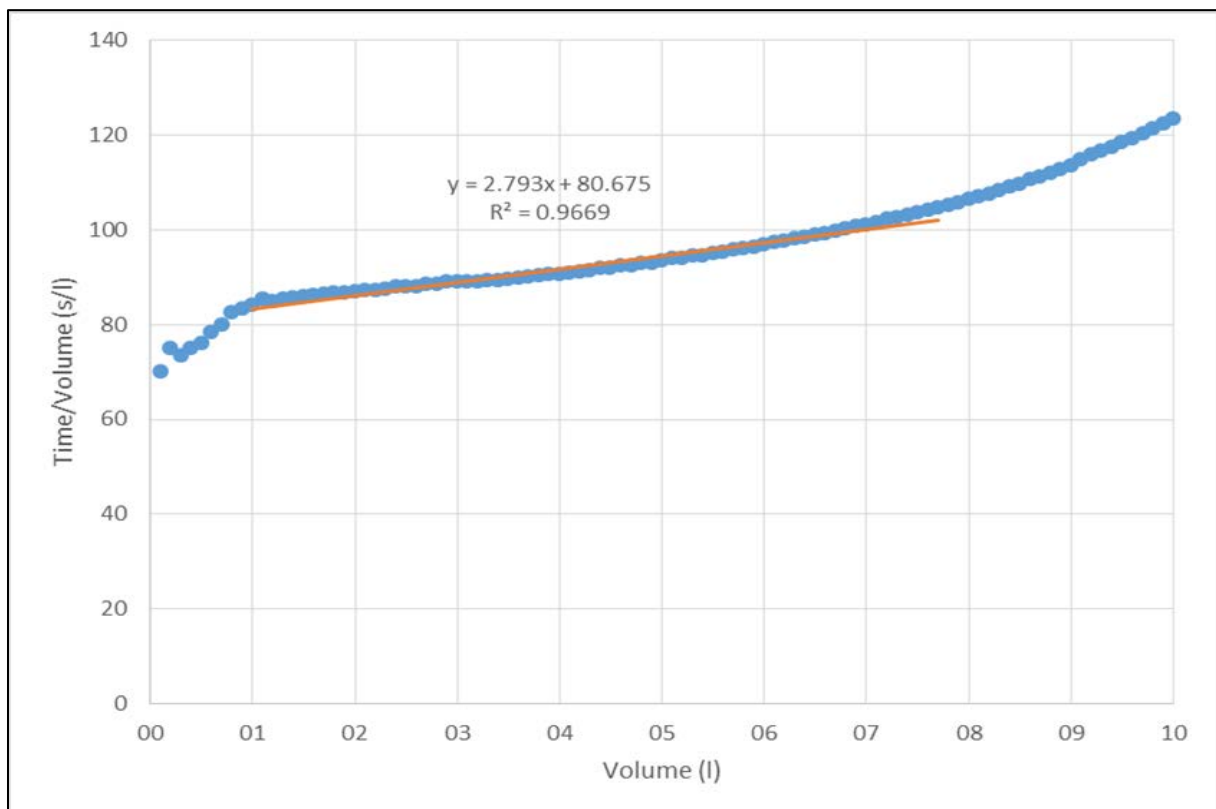
- Filter diameter 42 mm, openingen 0,45 μm ;
- Druk 2 atmosfeer;
- Volume eenheid 100 ml.

De tijd die nodig is om dit volume door het membraan te verpompen wordt uitgezet tegenover het totale volume (s/l^2 ; Figuur 27). De richtingscoëfficiënt van het lineaire stuk van de kromme is de membraanfilterindex. Algemeen wordt aangenomen dat water met een waarde kleiner dan 10 retourneerbaar is, althans voor bemalingsprojecten. Beter is echter een MFI na te streven die kleiner is dan 3.

Slechte MFI waarden kunnen ontstaan omwille van redox problemen zoals hoger beschreven, maar ook omdat onttrekkingsputten onvoldoende ontwikkeld zijn, of omdat ze slecht zijn aangelegd en continu zand en fijne deeltjes leveren.



Figuur 26: Illustratie van een MFI-test op het terrein.



Figuur 27: Grafisch resultaat van een MFI-test.

6.1.3.5 Kwaliteit onttrekkingsbronnen

Uit wat voorafgaat is al duidelijk gebleken dat de onttrekkingsbronnen moeten ontworpen worden in

functie van de retourneerbaarheid van het water dat opgepompt wordt. De belangrijkste elementen worden hieronder herhaald/samengevat:

- Filterstelling zo plaatsen dat menging van waterkwaliteit maximaal vermeden wordt. Meestal komt het erop neer dat de filterstelling voldoende diep moet zijn om geen belucht water aan te trekken. Een degelijke visuele controle op de monsters tijdens het boren (kleuromslag) kan hierbij een hulp zijn om de diepte van de redoxgrens af te bakenen. Vermijd in ieder geval dat het water in de pompputten verlaagd wordt tot onder de bovenkant van de filter;
- Probeer daar waar mogelijk het verzadigde deel in de putbuis boven de putfilter minstens even hoog te houden als de lengte van het filterelement zelf;
- Ontwikkel de putten correct om de putweerstand zo laag mogelijk te houden (verlaging in putbuis beperken), en ook voldoende om een lage MFI te bekomen, liefst < 3 ;
- Vermijd luchtinbraak waar dan ook in het systeem;
- Hou het systeem overal onder overdruk, minstens boven de ontgassingsdruk.

6.1.3.6 Kwaliteit retourbronnen

- De retourbronnen moeten hetzelfde kwaliteitsniveau halen als de onttrekkingsbronnen;
- Hou rekening met de noodzakelijke overdruk in de retourbronnen ten opzichte van de dynamische grondwaterstand ter plaatse. Die is nodig opdat het water zou worden opgenomen in de watervoerende laag, maar ook om de hydraulische putweerstand (verstoppingsgraad) te overwinnen. Die laatste kan toenemen met de tijd. Zowel vernatting aan het maaiveld als opbarsten van de retourputten (annulaire ruimte barst op ten gevolge van hoge injectiedruk) moeten vermeden worden;
- Voorzie de retourbronnen van een injectieleiding die reikt tot onder de laagste grondwaterstand, en die is uitgerust met een regelkraan of -klep om zowel het debiet als de injectiedruk te kunnen controleren;
- Voorzie de mogelijkheid om retourbronnen desgevallend snel en efficiënt te kunnen regenereren. Dit gebeurt meestal pneumatisch, waarbij via de gesloten putkop altemeerend lucht wordt geïnjecteerd die de waterkolom in de filter en de watervoerende laag drukt, en een *air-lift* leiding en T stuk om vervolgens te kunnen her-ontwikkelen door te *airliften*.



Figuur 28: Illustratie van een putkop van een retourbron, met aanduiding van enkele essentiële elementen.

6.1.3.7 Beschikbaarheid retourwater

Wanneer het opgepompte grondwater om één of andere reden (vervuild, belucht, te hoge MFI ...) niet kan geretourneerd worden en er toch moet geretourneerd worden (bv. om zettingen te vermijden), dan moet het retourwater vooraf worden gezuiverd dan wel elders gehaald worden.

Ook bij retourbemaling is een automatische peilsturing verplicht. Echter mag in dit geval het technisch minimaal debiet voor de werking van de retourinstallatie opgepompt worden (VLAREM II artikel 5.53.6.1.2 §5¹⁰).

6.1.3.8 Voordelen retourbemaling

- weinig ruimtebeslag (retourbronnen op zich);
- indien goed ontworpen en uitgevoerd, betrouwbaar systeem;
- kan punctueel uitgevoerd worden waar nodig (bv. zettingen), soepel systeem.

¹⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

6.1.3.9 Nadelen retourbemaling

- hinderlijke retourleidingen bij kruising van wegen, huisopritten ...;
- relatief duur (onder meer door noodzaak tot frequent onderhoud);
- niet in alle omstandigheden toepasbaar (bv. in verstedelijkte omgeving);
- verstoppingsrisico bij slecht ontwerp/uitvoering/operatie;
- aanbevolen minimale afstand tussen onttrekking en retourbronnen 10 keer de beoogde grondwaterverlaging, met extra waakzaamheid in gebieden met een sterke grondwaterstroming.

6.2 Infiltratie

6.2.1 Beschrijving

Bij oppervlakkige infiltratie wordt bemalingswater weer in de ondergrond gebracht door middel van een infiltratievoorziening. Tevens kan door middel van druppelleidingen of andere gepaste irrigatietechnieken een deel van het bemalingswater opnieuw infiltreren. In beide gevallen betreft het het hervoeden van het freatisch grondwater.

Een infiltratievoorziening is een voorziening voor de opvang van water die geleidigd wordt door de insijpeling van het opgevangen water in de bodem en de ondergrond, waarbij het water in de infiltratievoorziening niet in permanente verbinding staat met oppervlaktewater (bv. een infiltratieput, -bekken of -gracht; Figuur 29)¹¹.

Druppelleidingen of andere irrigatietechnieken worden voornamelijk toegepast om verdrogingsgevoelige elementen te beregenen gedurende een bemaling (bv. bomen of andere vegetatie; Figuur 30 en Figuur 31).

De mate waarin bemalingswater kan infiltreren hangt af van de infiltratiecapaciteit van de ondergrond. Indien er geen uitgraving plaatsvindt voor de aanleg van de voorziening of bij het gebruik van druppelleidingen, speelt ook de infiltratiecapaciteit van de bodem een rol. Infiltratie is in de praktijk niet goed te berekenen omwille van de heterogeniteit van de ondergrond en het optreden van verstopping. Er kunnen infiltratieproeven worden toegepast, maar die hebben hun beperkingen (zie [bijlage 6.3](#)). Er zijn richtinggevende standaardwaarden voor de infiltratiecapaciteit beschikbaar in de literatuur^[c] en online¹². Indien gebruik gemaakt wordt van deze waarden, moet men conservatief handelen en er rekening mee houden dat de werkelijke infiltratiecapaciteit vaak lager ligt dan wat theoretisch aangegeven wordt.

¹¹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=35545&woLang=nl>

¹² [Bronmaatregelen](#)



Figuur 29: Voorbeelden van infiltratiebekkens. Een infiltratiebekken kan gerealiseerd worden door verhoogde taluds aan te leggen (foto links), door een uitgraving te voorzien boven het grondwaterpeil (foto rechts) of door een combinatie van beiden.

6.2.2 Toepassingsvoorwaarden gebruik infiltratievoorziening

- Er moet voldoende plaats beschikbaar zijn voor het aanleggen van een infiltratievoorziening. Deze mag bovendien niet te dicht bij de bemaling gelegen zijn. De aanbevolen minimale afstand tussen de bemaling en een infiltratievoorziening bedraagt 10 keer de beoogde grondwaterverlaging, met extra waakzaamheid in gebieden met een sterke grondwaterstroming;
- Bij het gebruik van bestaande infiltratievoorzieningen moet er rekening mee gehouden worden dat ze mogelijk niet gedimensioneerd zijn op het voorziene bemalingsdebiet;
- Enkel grachten die geen deel uitmaken van het hydrografisch net kunnen gebruikt worden als infiltratiegrachten (kan gecontroleerd worden via de VHA¹³). Als de gracht een geklasseerde of een niet geklasseerde onbevaarbare waterloop is, of een publieke gracht, dan wordt het afvoeren van water naar de gracht aanzien als lozing op oppervlaktewater (VLAREM II rubriek 3.8; zie [bijlage 6.8](#)), ook als die tijdelijk afgedamd wordt en een fractie infiltreert;
- De bodem van een infiltratievoorziening moet voldoende doorlaatbaar zijn. Het is zinvol om de bodem te voorzien van een laag grof zand. Gedurende het gebruik van de infiltratievoorziening wordt door het ruimen van een gracht of door het uitbaggeren van een eventuele sliblaag vermeden dat de infiltratiecapaciteit al te snel afneemt;
- Om het ontstaan van een afsluitende bodemlaag te voorkomen, kan de infiltratievoorziening regelmatig drooggezet worden zodat de fijne bovenlaag uitdroogt, verkrumelt en wegwaait. Dit is uiteraard enkel relevant bij infiltratievoorzieningen die gedurende langere periodes (minstens meerdere maanden) gebruikt worden;
- Bladval moet worden voorkomen en tevens mag de grond ter hoogte van de infiltratievoorziening niet bereden worden door zware machines en voertuigen;
- Schuine taluds van een infiltratievoorziening verstopen minder snel dan de verticale bodem. Infiltratiegrachten zijn om die reden efficiënter dan infiltratiebekkens;
- Het gebruik van geotextielen kan verstopping in de hand werken.

¹³ <https://vmm.vlaanderen.be/feiten-cijfers/catalogus-feiten-cijfers/waterloopkaarten>

- De grond onder de infiltratievoorziening moet voldoende doorlaatbaar zijn tot op de diepte van de grondwaterstand in rust. De doorlatendheid wordt door de ontwerper van de bemalingsstudie ingeschat op basis van het beschikbare grondonderzoek;
- In goed doorlatende zandgronden wordt de aanleg van een infiltratievoorziening niet aanbevolen indien de grondwaterstand minder dan 1 m onder het uitgravingsniveau van de infiltratievoorziening staat. Bij minder doorlatende gronden moet het grondwater dieper staan;
- De overloop die op een infiltratievoorziening geplaatst wordt, moet voorzien worden boven de natuurlijke grondwaterstand¹⁴;
- Om oppervlakkige infiltratie toe te passen kan uiteraard gebruik gemaakt worden van het opgepompte bemalingswater. Het bemalingswater moet wel voldoen aan de relevante kwaliteitseisen (opgelist in paragraaf 2.1 in [bijlage 6.6](#)).
- Bij het berekenen van het nettodebiet en nettovolume¹⁵ moet er rekening mee gehouden worden dat infiltratievoorzieningen in werkelijkheid niet altijd evenveel infiltratie toelaten dan hetgeen in studiefase bekeken is. Het is dan ook aanbevolen conservatief om te gaan met de berekening van het nettodebiet en -volume bij infiltratie.

6.2.3 Toepassingsvoorwaarden bij toepassing druppelleidingen

- De verdrogingsgevoelige elementen die moeten beschermd worden door irrigatie, moeten bereikbaar zijn met druppelleidingen of andere gepaste irrigatietechnieken;
- Ook bij toepassing van druppelleidingen moet de ondergrond voldoende doorlaatbaar zijn. In elk geval moet de intensiteit van de bevoeiing afgestemd worden op de infiltratiecapaciteit, zodat er geen zones onder water gezet worden;
- Om irrigatie toe te passen moet het water voldoen aan de relevante kwaliteitseisen (opgelist in paragraaf 2.1 in [bijlage 6.6](#));
- Voor het irrigeren van bomen gelden specifieke voorschriften, zowel naar kwaliteit van het water als naar hoeveelheid en toepassingswijze. Voor deze specifieke voorschriften wordt verwezen naar een stroomschema opgesteld door de vzw Bomen Beter Beheren¹⁶. Men kan zich hierin laten ondersteunen door een erkend boomdeskundige;

Voordelen:

- Relatief goedkoop als de omstandigheden gunstig zijn.

¹⁴ Het overloopdebiet, en dus het debiet dat niet infiltreert, kan bemeten worden. Er kan bv. een overloopbak voorzien worden die het overloopdebiet opvangt waarna het via een debietmeter passeert of er kan gewerkt worden met meetgoten of meetschotten. Er wordt verwezen naar de CVGP 'Debietmeting van afvalwater in open systemen' opgesteld door EMIS: <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water/code-van-goede-praktijk>

¹⁵ Voor meer uitleg over het verschil tussen het nettodebiet en brutodebiet wordt verwezen naar de begrippenlijst ([bijlage 6.1](#)).

¹⁶ <https://www.bomenbeterbeheren.org/stroomschema-bronbemaling>

Nadelen:

- Veel ruimtebeslag;
- Enkel mogelijk bij goed doorlatende gronden;
- Verstoppingsrisico vanwege accumulatie van gesuspendeerd materiaal en biomassa of vanwege het dichtslibben van de bodem met ijzeroxides;
- Stoorlagen beperken de infiltratiecapaciteit sterk.



Figuur 30: Uitvoering van een oppervlakkige infiltratie in de duinen door middel van leidingen waar gaten zijn in aangebracht.



Figuur 31: Irrigatie van bomen door middel van druppelleidingen.

7 Richtlijnen voor het transport van bemalingswater

Bij sommige projecten is het aangewezen of noodzakelijk om bemalingswater al dan niet over langere afstand te vervoeren, bv. om het te laten infiltreren of om het te lozen op een waterloop. Hierbij is het soms noodzakelijk om via verhoogde constructies wegen of andere infrastructuur te overbruggen (Figuur 32), of goten en andere constructies te voorzien waar fietsers of voetgangers kan passeren (Figuur 33).



Figuur 32: Voorbeelden van verhoogde constructies over wegen.



Figuur 33: Voorbeelden van constructies die voorzien kunnen worden om leidingen af te schermen voor fietsers en voetgangers.

Bij het vervoeren van bemalingswater via leidingen over langere afstanden of verhoogde constructies (luchtbruggen) moet rekening gehouden worden met zowel technische als administratieve aspecten. Volgende aandachtspunten (niet limitatief) moeten bekeken worden:

- Er moet voldoende pompcapaciteit aanwezig zijn om bemalingswater over een langere afstand of verhoogde constructie te verpompen. Als algemene regel kan gesteld worden dat bij een filterbemaling een extra pomp of tussenpompstation moet voorzien worden als het bemalingswater over een afstand langer dan 150 à 200 m moet verpompt worden. Indien bemalingswater over een verhoogde constructie moet verpompt worden, is bij een filterbemaling een extra pomp of tussenpompstation bijna altijd noodzakelijk. Bij een bemaling met dieptebronnen moet de capaciteit van de dieptebronnen (opvoerhoogte) zo voorzien worden om het water over de vereiste afstand en hoogte te kunnen transporteren.
- Als leidingen of constructies voorzien worden op percelen die niet behoren tot de werf, dan moet toelating gevraagd worden aan de respectievelijke eigenaars. Indien openbaar domein

ingenomen wordt, is het noodzakelijk een inname openbaar domein aan te vragen bij de gemeente/stad. In het geval dat er een weg moet gekruist worden, moet dit tevens besproken worden met de gemeente/stad, of met AWV in geval van een gewestweg.

- Hoe langer het afvoertraject, hoe hoger de kostprijs. Zeker bij het kruisen van wegen of andere infrastructuur lopen de kosten op.
- Lange leidingen, en zeker constructies voor het overbruggen van wegen, zijn gevoelig voor beschadigingen (bv. door verkeer dat ertegen rijdt). Tevens is bij lange afvoertrajecten de kans op vandalisme groter, waardoor meer interventies nodig zijn.

In sommige omstandigheden kan het onmogelijk blijken om een lang leidingnetwerk aan te leggen of bestaande infrastructuur te kruisen (bv. het kruisen van een spoorweg). Daarom is het van belang dat bovenstaande punten maximaal tijdens het ontwerpproces in rekening genomen worden, zodat een bouwproject met bemaling zo efficiënt mogelijk kan verlopen.

8 Referentielijst

- [a] Denies, N., Huybrechts, N., 2024. *Tijdelijke bemalingen op werven*, Technische Voorlichting 292, Buildwise.
- [b] Olsthoorn, T.N., 1982. *Verstopping van persputten*, Mededeling nr. 71, KIWA, 444p.
- [c] Bot B., 2016. *Grondwaterzakboekje Gwz2016*, Bot Raadgevend Ingenieur, Rotterdam, 456 pp.

Als sectorale voorwaarde geldt dat voor bemalingen de bemalingscascade gevolgd moet worden (VLAREM II Artikel 5.53.6.1.3.). Na het beperken van het opgepompte volume moet er vervolgens getracht worden bemalingswater weer in de ondergrond te brengen. Voor sommige bemalingen is dit ook verplicht voor een gedeelte van het totale bruto volume (zie [bijlage 6.8](#)). Onder weer in de ondergrond brengen wordt verstaan: retourbemaling door middel van retourputten of oppervlakkige infiltratie door middel van een infiltratievoorziening (zie [bijlage 6.9](#)).

Techniek	Toepassingsgebied	Voordelen	Nadelen	Opmerkingen
Weer in de ondergrond brengen - Retourbemaling	Beperkt de invloed van een bemaling op de omgeving, wat van belang kan zijn in het kader van zettingsgevaar, aantrekking van een verontreiniging e.t.c.	Beperkt de invloed van een bemaling op de omgeving en op het grondwatersysteem. Kan een middel zijn om lozing te beperken.	Complexe en dure techniek die veel voorbereiding vraagt; periodieke regeneratie noodzakelijk. Steeds nog te combineren met een restlozing, o.a. van de overloop na de retour. Voor het plaatsen van retourputten en aanleggen van leidingen is de nodige ruimte noodzakelijk (bv. tussen bemaling en te beschermen natuur).	Enkel uitvoerbaar met niet belucht bemalingswater; grondige kennis van de ondergrond en van de kwaliteit van het bemalingswater is noodzakelijk. Retour moet in dezelfde watervoerende laag uitgevoerd worden als waarin de onttrekking plaatsvindt.
Weer in de ondergrond brengen - Oppervlakkige infiltratie	Beperkt de invloed van een bemaling op de freatische grondwatertafel in de directe omgeving.	Beperkt de invloed van de bemaling op het grondwatersysteem en op de directe omgeving. Is een middel om lozing te beperken.	Veel ruimtebeslag; verstoppingsrisico van infiltratievoorziening. Beperkt in hoeveelheid dus meestal nog te combineren met een lozing.	Oppervlakkige infiltratie in de freatische watervoerende laag mag ook met bemalingswater afkomstig uit een diepere watervoerende laag. Indien de infiltratie in een andere watervoerende laag plaatsvindt, mag het infiltratievolume niet van het onttrekkingsvolume afgetrokken worden om het netto volume te bepalen.

Afhankelijk van de omstandigheden kunnen volgende bemalingstechnieken toegepast worden.

Techniek	Toepassingsgebied	Voordelen	Nadelen	Opmerkingen
Open bemaling	Bemaling van inspoelend grond- en bodemwater en hemelwater; ondiepe bouwputten of hydraulisch gesloten bouwputten; ondiepe en lichte funderingen. Meestal toegepast bij slecht doorlatende gronden, bij een afwisseling van doorlatende en minder doorlatende gronden of bij extreem hoge doorlatende gronden (grind).	Goedkope en eenvoudige techniek.	Hindert werfverkeer; instabiliteit van bouwput; verstopping door fijne partikels.	Eventueel gebruik maken van bezinkingstank of bekken voor fijne fractie.
Bemaling met horizontale drains	Ondiepe bouwputten in goed doorlatende ondergronden; vaak toegepast bij de uitgraving van lange sleuven; maximale verlagingssdiepte ± 4 m onder het aanzuigniveau van de pomp.	Hindert werfverkeer quasi niet.	Beperkte afzuighoogte; kan relatief duur zijn; niet uitvoerbaar bij ondergrondse obstakels; veel ruimte nodig	Kostprijs kan oplopen door gebruik van speciale graafmachines voor de sleuven en door eerste bemaling ter drooglegging van sleuf van de verzamelleiding.
Gravitaire filterbemaling	Bemaling van ondiepe bouwputten in goed doorlatende ondergronden; maximale verlagingssdiepte ± 4 m onder het aanzuigniveau van de pomp.	Snelle installatie; efficiënte verlaging door kleine tussenafstand; goedkope techniek.	Beperkte afzuighoogte; opstelling hindert werfverkeer.	
Vacuüm filterbemaling	Bemaling van ondiepe bouwputten; situaties waarbij grondwater niet mag geoxideerd worden; maximale verlagingssdiepte ± 4 m.	Snelle installatie; efficiënte verlaging door kleine tussenafstand; relatief goedkope techniek.	Beperkte afzuighoogte; opstelling hindert werfverkeer.	Niet geschikt voor getrapte opstelling.
Dieptebronnen met onderwaterpompen	Bemaling van diepe bouwputten; grotere afpompingsdiepte en dus ook verlagingssdiepte dan filterbemaling.	Hindert werfverkeer quasi niet. Zeer geschikt voor diepere bouwputten.	Inkorten van bronnen nodig bij diepe uitgraving.	De bemalingsefficiëntie hangt in belangrijke mate af van de heterogeniteit van de ondergrond.
Dieptebronnen met onderwaterpompen en supplementair vacuum	Bemaling van diepe bouwputten; grotere afpompingsdiepte en dus ook verlagingssdiepte dan filterbemaling; in een minder goed doorlaatbare ondergrond of tot op stoorlagen.	Hindert werfverkeer quasi niet.	Duurder dan gravitaire bronnen. Inkorten van bronnen nodig bij diepe uitgraving.	De bemalingsefficiëntie hangt in belangrijke mate af van de heterogeniteit van de ondergrond.
Spanningsbemaling	Bemaling in een gespannen watervoerende laag onder een slecht doorlatende laag; toe te passen bij opbarstgevaar van bouwputten.	Techniek om opbarsten van de bouwputbodem te vermijden.	Zeer gevoelige en kwetsbare bemaling die voldoende moet beveiligd worden.	Enkel uitvoerbaar met dieptebronnen. Ook toegepast voor bv. plaatsing van slibwanden als deze reiken tot in of doorheen spanningslagen.

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.11 – Vakliteratuur

Deze bijlage geeft een niet-limitatieve alfabetische lijst van een aantal referentiewerken met betrekking tot hydrogeologie, grondwaterstroming, pompproefanalyses en geotechniek.

- Anderson M.P., Woessner W.W., 1992. *Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport*, Academic Press, California, 381 pp.
- Bot B., 2016. *Grondwaterzakboekje Gwz2016*, Bot Raadgevend Ingenieur, Rotterdam, 456 pp.
- Deleur J.W., 1999. *Handbook of groundwater engineering*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 949 pp.
- Denies, N., Huybrechts, N., 2024. *Tijdelijke bemalingen op werven*, TV 292, Buildwise, 87 pp.
- Fetter C.W., 2014. *Applied Hydrogeology*, 4th edition, Pearson Educated Limited, Harlow, 622 pp.
- Fraanje M.J., 1974. *Bronbemaling*, Elsevier, Amsterdam, 247 pp.
- Janssens G.J.M., 2003. *Bemaling van bouwputten*, SBR Stichting Bouwresearch, 116 pp.
- Kruseman G.P., de Ridder N.A., 2000. *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 377 pp.
- Leijendeckers P.H.H., 2010. *Polytechnisch Zakboek*, Reed Business bv, 1984 pp.
- Meyus Y., Cools J., Adyns D., Zeleke S.Y., Woldeamlak S.T., Batelaan O., De Smedt F., 2004. *Opbouw van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel (VGM) – Eindrapport*, Vrije Universiteit Brussel in opdracht van de Vlaamse Gemeenschap, 107 pp.
- Powers J.P., Corwin A.B., Schmall P.C., Kaeck W.E., 2007. *Construction dewatering and groundwater control: new methods and applications*, 3rd edition, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, 639 pp.
- Preene M., Roberts T.O.L., Powrie W., Dyer M.R., 2000. *Groundwater control – design and practice*, CIRIA C515, London, 204 pp.
- Sterrett, R.J., 2007. *Groundwater and wells*, Johnson Screens, Bloomington, 812 pp.
- Van Calster P., De Cock F., De Vos M., Maertens J., Van Alboom G., 2009. *Richtlijnen Bemalingen*, Werkgroep Bemalingen, 74 pp.

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.12 – Rekenmethoden voor impactbepaling

Deze bijlage geeft een overzicht van de meest courante rekenmethoden die worden toegepast bij het opstellen van een bemalingsontwerp, en meer specifiek bij het bepalen van het bemalingsdebiet en de impact van de bemaling op de omgeving. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen het gebruik van eenvoudige analytische formules, het toepassen van complexere numerieke methodes en de toepassing van de grondwatersimulator.

De bijlage introduceert tevens een afsprakenkader waarbij met drie niveaus van impactbepaling gewerkt wordt. Wie de berekeningen uitvoert en welke rekenmethode wordt toegepast, is afhankelijk van het niveau. Het niveau wordt bepaald op basis van de mogelijke risico's die de bemaling kan veroorzaken in de omgeving.

Deze bijlage is geen limitatieve oplijsting van rekenmethoden. Andere gevalideerde rekenmethodes kunnen worden toegepast, mits het gebruik ervan, referenties naar informatie over de methode, en de toepasbaarheid ervan in het concrete geval worden toegelicht in de bemalingsstudie.

Inhoudsopgave

1	Rekenmethoden	3
1.1	Analytische formules.....	3
1.1.1	Freatisch grondwater	4
1.1.2	Gespannen grondwater met een lage lekweerstand.....	7
1.1.3	Volledig gespannen grondwater	9
1.1.4	Verspreidingssnelheid verontreinigde stoffen	10
1.1.5	Berekening van het debiet bij een hydraulisch gesloten bouwput	11
1.2	Numerieke methoden	11
1.2.1	Voorbeschouwingen	11
1.2.2	Te doorlopen stappen	13
1.2.3	Grondwatersimulator	24
1.3	Andere rekenmethoden	26
2	Samenvatting toepasbaarheid rekenmethoden.....	27
3	Niveaus van impactbepaling.....	28
4	Referentielijst	31

1 Rekenmethoden

1.1 Analytische formules

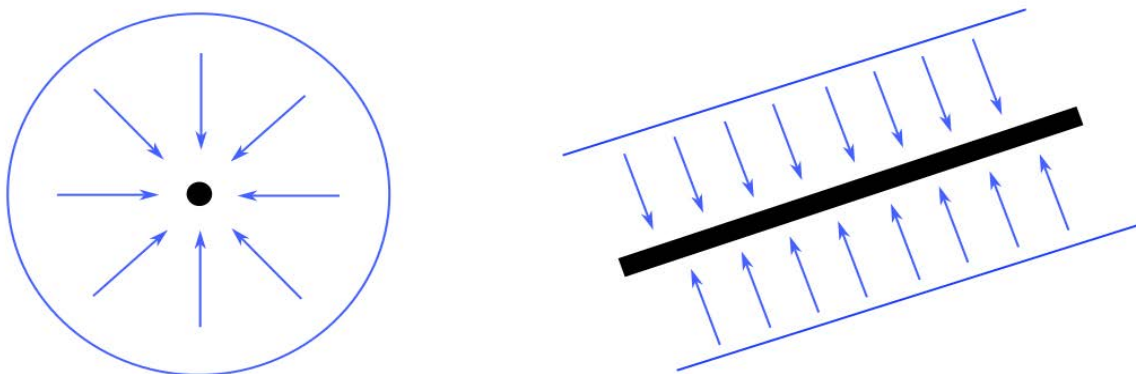
Verscheidene analytische formules zijn beschikbaar voor de ontwerper van een bemalingsconcept. Deze formules vereenvoudigen de werkelijkheid in belangrijke mate en zijn dus zeer indicatief. Ze geven echter een snel richtinggevend resultaat, en ze zijn voldoende accuraat voor eenvoudige bemalingen in vrij homogene grondwatersystemen. Grondwatersystemen die voldoen aan de volgende aannames zijn het meest geschikt voor het gebruik van analytische formules:

- binnen de invloedsstraal van de bemaling is de aquifer homogeen;
- de bemalingselementen bevinden zich over een groot deel van de dikte van de aquifer (volkomen);
- er zijn geen storende randvoorwaarden zoals grote waterlopen, waterremmende wanden ...;
- geen retourbemaling of infiltratie.

Elke van deze analytische formules heeft een specifiek toepassingsdomein, afhankelijk van geologische omstandigheden en de opstelling van de bemaling. Wanneer deze formules in een rekenblad worden ingevoerd kunnen het handige instrumenten zijn om snel een indicatief beeld te geven.

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de meest gebruikte analytische rekenmethoden. Er wordt waar mogelijk een onderscheid gemaakt tussen analytische rekenmethoden voor radiale grondwaterstroming, die representatief zijn voor bouwputbemalingen, en analytische rekenmethoden voor parallele grondwaterstroming, die representatief zijn voor de bemaling van sleuven (Figuur 1).

Voor sleuven korter dan 25 m wordt aanbevolen te rekenen met een formule toepasbaar voor radiale grondwaterstroming (bv. Dupuit of Veruijt), omdat in een dergelijk geval de radiale toestroming aan de uiteinden van de sleuf een hoger debiet zal geven in de werkelijkheid dan berekend kan worden met een formule voor parallele stroming. Ook bij hoge doorlatendheden van de ondergrond kunnen de radiale effecten bij korte sleuven sterk opspelen. Het rekeninstrument van de VMM gebaseerd op de formule van Edelman (zie paragraaf 1.1.1.2) geeft in dat geval een melding. Bij lijntrajecten waarbij de lengte van een actieve bemalingsfase langer is dan 300 m, wordt aanbevolen over te schakelen naar een numerieke rekenmethode. In paragraaf 3 wordt de toepasbaarheid van de verschillende analytische rekenmethoden schematisch weergegeven.



Figuur 1: Verschil tussen radiale grondwaterstroming naar een puntbron (links) en parallele grondwaterstroming naar een sleuf (rechts).

1.1.1 Freatisch grondwater

1.1.1.1 Radiale grondwaterstroming (bouwputten)

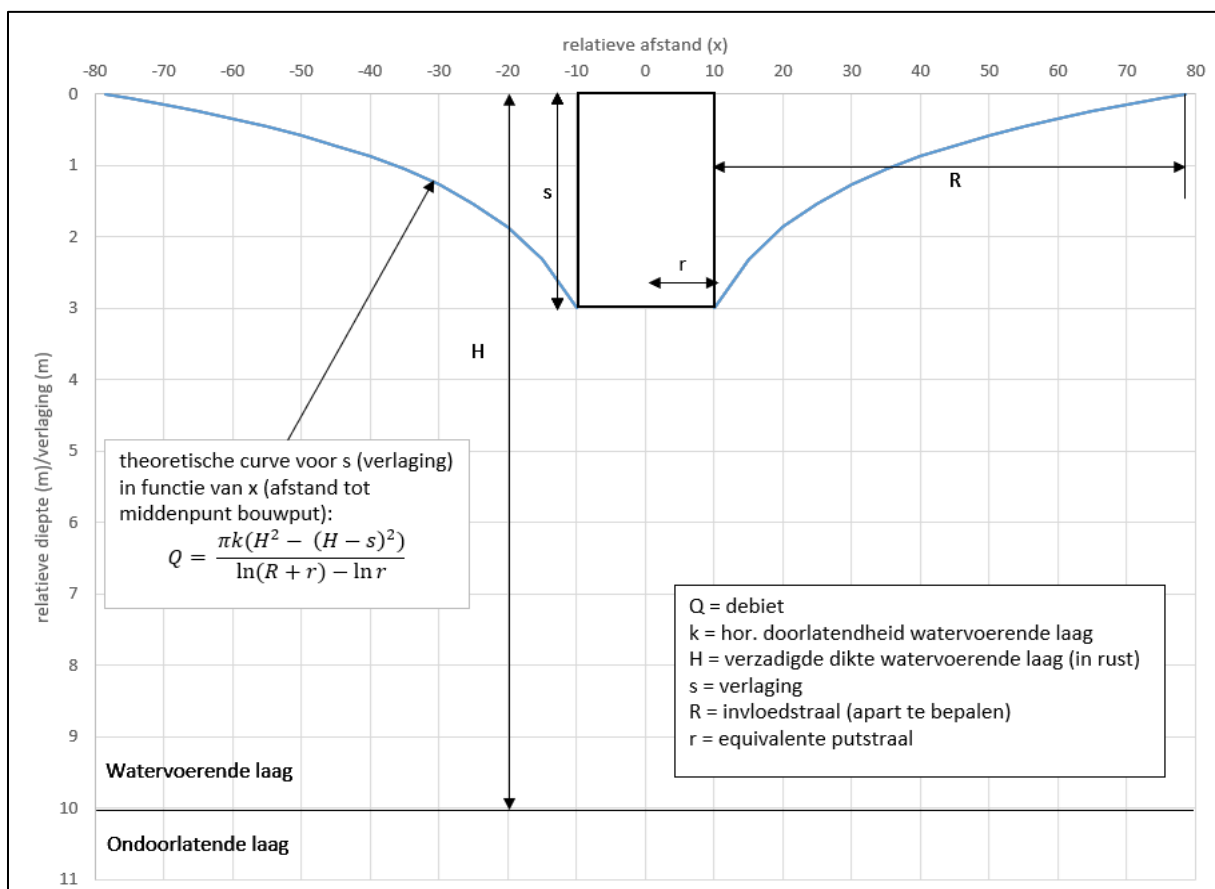
Voor de gewenste grondwaterverlaging van een bouwput kan het bemalingsdebiet berekend worden door middel van de formule van Dupuit (Vergelijking 1).

$$\text{Vergelijking 1: } Q_{tot} = \frac{\pi k (H^2 - (H-s)^2)}{\ln(R+r) - \ln r}$$

Waarbij (Figuur 2):

- Q_{tot} : bemalingsdebiet (m³/dag);
- R : invloedsstraal van de bemaling (m), zijnde de afstand tot de rand van de bouwput waarbij er geen verlaging meer optreedt. Deze parameter moet apart bepaald worden;
- k : horizontale doorlatendheid van het watervoerend pakket (m/dag);
- H : stijghoogte in rust boven de basis van de aquifer (m);
- s : gewenste grondwaterverlaging (m) op de rand van de bouwput (afstand r);
- r : equivalente straal met $r = \frac{\text{lengthe} + \text{breedte}}{\pi}$ voor een rechthoekige bouwput (m).

In Figuur 2 zijn de gebruikte parameters visueel weergegeven. Vergelijking 1 geeft het debiet voor een verlaging s op een afstand r van het centrum van de bouwput (het middelpunt van de theoretische afpompijgskegel) met een invloedsstraal van $R + r$ en een stijghoogte in rust gelijk aan H , waarbij de bouwput beschouwd wordt als 1 (grote) pompput met een straal gelijk aan r .



Figuur 2: Schematische voorstelling van de formule van Dupuit voor de berekening van het debiet voor een verlaging s in een bouwput met equivalente bouwputstraal r .

Indien de filterelementen niet worden aangezet op de top van de ondoorlatende laag bevindt er zich daaronder nog x aantal meter watervoerende laag (onvolkomen filter; zie [bijlage 6.1](#)). In dat geval dient het debiet berekend te worden van een volkomen bron volgens de formule van Dupuit, waarna er een toeslag in rekening wordt gebracht om tot het onvolkomen debiet te komen. In Tabel 1 worden een aantal empirische factoren gegeven voor de toeslag. Van zodra de top van de ondoorlatende laag zich dieper dan 5 m onder de onderkant van de filterelementen bevindt, bedraagt de toeslag 25%. Indien dit verschil verder oploopt, kan de toeslag van 25% ontoereikend zijn en kan het berekende debiet een onderschatting vormen van het werkelijke debiet. In goed doorlatende zandgronden, waar een hoge verticale doorlatendheid verwacht wordt, kan hiermee rekening gehouden worden door een marge te nemen op de horizontale doorlatendheid of kan gebruik gemaakt worden van een lokaal aangepast grondwatermodel.

Tabel 1: Toeslag die in rekening gebracht kan worden bij de berekening van een onvolkomen debiet met de formule van Dupuit in functie van het aantal meter aan watervoerende laag tussen de onderkant van het filterelement en de onderliggende ondoorlatende laag^[a].

Toeslag onvolkomen bron						
x (m)	0	1	2	3	4	≥5
Q (m³/u)	Q _{tot}	Q _{tot} * 1,05	Q _{tot} * 1,10	Q _{tot} * 1,15	Q _{tot} * 1,20	Q _{tot} * 1,25

Aan het begin van een bemaling is het bemalingsdebiet typisch hoog en zakt dan vrij snel tot een quasi-stabiel debiet wordt bekomen. Het initiële, hoge bemalingsdebiet kan met de formule van Dupuit ingeschat worden door R in de formule van Dupuit kortbij de bouwput te nemen. We noemen deze hier R_{ini} om een duidelijk onderscheid te maken met de uiteindelijke, stationaire invloedsstraal R na lang pompen. R_{ini} mag dus nooit gebruikt worden als inschatting voor de invloedsstraal van een bemaling. Dikwijls wordt voor deze initiële invloedsstraal de empirische formule gebruikt van Sichardt (Vergelijking 2).

$$\text{Vergelijking 2: } R_{ini} = 3000 * s_0 * \sqrt{k}$$

Waarbij (Figuur 2):

- R_{ini} : initiële invloedsstraal van de bemaling (m);
- k : horizontale doorlatendheid van het watervoerend pakket (m/s);
- s_0 : gewenste verlaging in het centrum van de bouwput (m).

Naarmate een bemaling vordert zal het debiet afnemen en de verlaging toenemen. Zolang de afpompingskegel en de invloedsstraal groter worden, wordt er water uit de grondwaterberging opgenomen. Op een gegeven moment is de voeding vanuit de omgeving even groot als de onttrekking en blijft de invloedsstraal constant (stationair niveau bereikt); op dat moment wordt er geen grondwater uit de berging meer opgenomen. De voeding vanuit de omgeving in een vrij afwaterend gebied komt hoofdzakelijk uit het neerslagoverschot dat zonder bemaling door het oppervlaktewater wordt afgevoerd. Het onttrekkingsdebiet van de bemaling wordt in de stationaire fase volledig gecompenseerd door een afname in het afvoerdebiet van het omliggende oppervlaktewater. Indien aangenomen wordt dat alle drainages droogvallen binnen de stationaire invloedsstraal van de bemaling, en dat dus alle grondwatervoeding wordt afgevoerd door oppervlaktewater voorbij de invloedsstraal, dan kan deze invloedsstraal berekend worden als:

$$\text{Vergelijking 3: } R_{stat} = \sqrt{\frac{Q_{tot}}{N\pi}},$$

met:

- R_{stat} : iteratief berekende, stationaire invloedsstraal van de bemaling (m).
- Q_{tot} : het bemalingsdebiet (m³/dag)
 N : de grondwatervoeding uit neerslag (m/dag); de grondwatervoeding uit neerslag is gemiddeld circa 200 mm/jaar (6,02^{E-4} m/dag) in doorlatende, niet dichtbebouwde zones volgens het Vlaams grondwatervoedingsmodel (Meyus et al., 2004^[b]).

Aangezien het berekende debiet d.m.v. de formule van Dupuit (Vergelijking 1) afhankelijk is van de invloedsstraal en omgekeerd, kunnen beiden enkel door middel van een iteratieve berekening bepaald worden. Ook hier geldt dat de berekende invloedsstraal de afstand is tussen de bemaling en het punt waar geen verlaging van de grondwaterstand optreedt (0 m verlaging in tegenstelling tot 0,05 m meetbare verlaging voor de invloedsstraal gedefinieerd in de begrippenlijst).

Het verschil in debiet en invloedsstraal bij het begin van de bemaling en bij een stationaire situatie wordt in onderstaand rekenvoorbeeld gegeven. Dit voorbeeld toont aan hoe belangrijk het verschil is tussen de initiële situatie en de stationaire situatie:

- initiële situatie (na 5 dagen):
 $R_{ini} = 113 \text{ m};$
 $Q = 94 \text{ m}^3/\text{u}$ (onvolkomen bron).
- stationaire situatie:
 $R_{stat} = 386 \text{ m};$
 $Q = 54 \text{ m}^3/\text{u}$ (onvolkomen bron).

De formule van Verruijt vormt een uitbreiding op de formule van Dupuit. In tegenstelling tot de formule van Dupuit, waar er op de rand van de invloedsstraal een laterale instroming in rekening gebracht wordt, wordt bij de formule van Verruijt naast deze laterale component tevens rekening gehouden met een verticale component die ontstaat uit grondwatervoeding. Ook voor de formule van Verruijt kunnen de invloedsstraal en het debiet iteratief berekend worden om een evenwichtstoestand te bekomen. Aangezien er bij de formule van Verruijt bijkomende grondwatervoeding is, zal het stationaire debiet berekend door middel van de formule van Verruijt steeds groter zijn dan berekend met de formule van Dupuit. Om rekening te houden met onvolkomen filters moet ook bij de formule van Verruijt een toeslag in rekening genomen worden (Tabel 1).

Door de VMM werd een rekeninstrument ter beschikking gesteld waarmee de formules van Sichardt, Dupuit en Verruijt kunnen worden toegepast voor de bemaling van een bouwput¹. Bij het rekeninstrument hoort ook een handleiding, die toont hoe je het rekeninstrument correct gebruikt.

1.1.1.2 Parallelle grondwaterstroming (lijnbemalingen)

De analytische formule van Edelman bepaalt het debiet door een oneindige, horizontale instroming in een sleuf, waarbij het water geleverd wordt uit de berging van het systeem. Er wordt geen voeding door bv. neerslag in rekening gebracht. De instroming is tijdsafhankelijk; de invloedsstraal neemt toe in functie van de tijd omdat er geen evenwichtstoestand onder invloed van voeding bereikt kan worden. Dit betekent dat de resultaten een vertekend beeld kunnen geven voor lange perioden waarin de

¹ <https://vmm.vlaanderen.be/diensten-producten/rekeninstrumenten-bemalingsnota>

grondwatervoeding doorwerkt. Het debiet berekend door middel van de formule wordt vermenigvuldigd met het aantal lopende meter en ditmaal 2 (voor beide zijden van de sleuf).

$$\text{Vergelijking 3: } Q = s_0 \sqrt{\frac{S_y K D}{\pi t}}$$

Waarbij:

- Q : debiet per m sleuflengte aan 1 zijde (m^3/dag);
- s_0 : grondwaterstanddaling op afstand $r = 0$ (m);
- S_y : bergingscoëfficiënt (-);
- K : horizontale doorlatendheid (m/dag);
- D : dikte van de verzadigde zone (m);
- t : tijd (dag).

De tijdsafhankelijke invloedsstraal $R(t)$ (overeenkomstig een verlaging van 0,05 m) volgens de Formule van Edelman kan op de volgende manier berekend worden (met toepassing van een inverse errorfunctie; Vergelijking 6):

$$\text{Vergelijking 4: } R(t) = 2 \cdot \text{invers } \text{erfc} \left(\frac{0,05}{s_0} \right) / \sqrt{\frac{S_y}{K D t}}$$

Tevens werd een rekeninstrument ontwikkeld specifiek voor de bemaling van lijntrajecten. Dit rekeninstrument, dat ontwikkeld werd in analogie met het rekeninstrument voor bouwputten, is gebaseerd op de formule van Edelman.

De dikte van de verzadigde zone zit mee vervat in de formule van Edelman, waardoor er niet met toeslagfactoren moet worden rekening gehouden. Er wordt echter wel aanbevolen bij het gebruik van de formule van Edelman de dikte van de verzadigde zone onder de bemalingselementen beperkt te houden².

1.1.2 Gespannen grondwater met een lage lekweerstand

1.1.2.1 Radiale grondwaterstroming (bouwputten)

Voor de berekening van het bemalingsdebiet in gespannen grondlagen waarin een beperkte lek optreedt kan de formule van De Glee (Vergelijking 5) worden toegepast.

$$\text{Vergelijking 5: } s = \frac{Q}{2\pi K D} K_0 \left(\frac{r}{\lambda} \right)$$

Met:

- s : stationaire grondwaterverlaging op een afstand r van de pompput (m);
- Q : pompdebiet (m^3/d);
- K : horizontale doorlatendheid van de watervoerende laag (m/dag);
- D : verzadigde dikte van de watervoerende laag (m);
- $K_0(x)$: Besselfunctie van de 2^{de} soort en graad 0 (Hankelfunctie);
- r : afstand tot de pompput (m);
- $\lambda : \sqrt{K D c}$: de spreidingslengte (m); met:

² In het rekeninstrument dat door de VMM ter beschikking gesteld is, wordt aanbevolen de top van de ondoorlatende laag niet dieper dan 10 m onder het aanzetpeil van de filters te definiëren.

- o $c = \frac{D'}{K'}$, de lekweerstand;
- o D' : de verzadigde dikte van de afsluitende laag (m);
- o K' : verticale doorlatendheid van de afsluitende laag (m/d).

De invloedsstraal bij 0 m verlaging is in theorie oneindig. Voor een verlaging van 5 cm bestaat wel een invloedsstraal.

De formule van Hantush is een tijdsafhankelijke versie van de formule van De Glee (Vergelijking 6). Als met de formule van Hantush voor een zeer lange tijd wordt doorgerekend, is de verlaging gelijk aan die berekend door middel van de formule van De Glee voor een stationaire situatie. Indien de lekweerstand zeer hoog is, komt er geen voeding meer in het systeem en benadert de formule van Hantush de formule van Theis (zie paragraaf 1.1.3). De formule van De Glee is als volgt:

$$\text{Vergelijking 6:} \quad s = \frac{Q}{4\pi K D} W\left(\frac{r^2 S}{4 K D t}, \frac{r}{\lambda}\right)$$

Met:

- s : stationaire grondwaterverlaging op een afstand r van de pompput (m);
- Q : pompdebiet (m^3/d);
- K : horizontale doorlatendheid van de watervoerende laag (m/dag);
- D : verzadigde dikte van de watervoerende laag (m);
- W : “*well function*” van Hantush^[d];
- r : afstand tot de pompput (m);
- $\lambda = \sqrt{K D c}$: de spreidingslengte (m); met:
 - o $c = \frac{D'}{K'}$, de lekweerstand;
 - o D' : de verzadigde dikte van de afsluitende laag (m);
 - o K' : verticale doorlatendheid van de afsluitende laag (m/d).

Het voordeel van de formule van Hantush is dat deze conceptueel ook kan gebruikt worden voor een freatische situatie waarbij de lekweerstand een maat is voor de weerstand die de grondwaterstroming ondervindt om tot in afvoerende waterlopen te geraken. Het oppervlaktewatersysteem kan op deze manier conceptueel in rekening gebracht worden. De lekweerstand kan variëren afhankelijk van de grondwaterstand: bij hoge grondwaterstanden na de winter zijn veel drainerende waterlopen actief en is de weerstand relatief laag; terwijl bij lage grondwaterstanden na de zomer veel waterlopen droog kunnen vallen waardoor de weerstand hoger is. Bovendien kunnen verlagingen voor verschillende putten zowel in tijd als in ruimte opgeteld worden, waardoor de formules ook gebruikt kunnen worden voor lijntrajecten (de formule van Hantush is lineair in de bronterm, zodat superpositie mag toegepast worden).

Een kanttekening is wel dat de formule van Hantush veronderstelt dat de verzadigde aquiferdikte constant is. In freatische aquifers met een diepe afpompings in vergelijking tot de aquiferdikte kan dit leiden tot afwijkingen die zich vooral dichtbij de ingreep manifesteren. In de praktijk is de fout in de meeste gevallen verwaarloosbaar en komt voornamelijk dicht bij de onttrekking voor. Voor het berekenen van de invloedsstraal is de fout verwaarloosbaar.

Indien de bemalingsingreep onvolkomen is, dus als de onttrekkingsfilter slechts een deel van de aquiferdikte benut, dan kan de formule van Hantush gecorrigeerd worden door de methode van Weeks^[c].

1.1.2.2 Parallele grondwaterstroming (lijnbemalingen)

Parallele grondwaterstroming in gespannen grondwatersystemen onder een deklaag met een lage weerstand tegen lek, kan in principe analytisch berekend worden. Er wordt hiervoor verwezen naar relevante literatuur³. In de praktijk wordt dit zeer weinig toegepast bij bemalingen.

1.1.3 Volledig gespannen grondwater

1.1.3.1 Radiale grondwaterstroming (bouwputten)

Voor de berekening van het bemalingsdebiet in gespannen grondlagen kunnen de formules van De Glee of Hantush (paragraaf 1.1.2.1) worden toegepast waarbij de lekweerstand van de afsluitende laag zeer hoog wordt genomen.

Als alternatief kan voor de berekening van het bemalingsdebiet in gespannen grondlagen de formule van Theis (Vergelijking 7) toegepast worden.

$$\text{Vergelijking 7: } s = \frac{Q}{4\pi KD} \int_u^\infty \frac{e^{-y} dy}{y} = \frac{Q}{4\pi KD} W(u)$$

Met:

- s : grondwaterverlaging op een afstand r van de pompput (m);
- Q : pompdebiet (m³/d);
- K : horizontale doorlatendheid watervoerende laag (m/d);
- D : verzadigde dikte watervoerende laag (m);
- $u = \frac{r^2 S}{4KDt}$;
- r : afstand tot pompput (m);
- S : elastische bergingscoëfficiënt = elastische berging (m⁻¹) * dikte watervoerende laag (m);
- t : tijd vanaf start pompen (d);
- $W(u) = -0,5772 - \ln(u) + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \dots$: putfunctie van Theis.

Theoretisch breidt de invloed van een bemaling in een volledig gespannen laag dus oneindig ver uit in de tijd / wordt er nooit een evenwicht bereikt, omdat er geen voeding is van de aquifer en de berging dus wordt leeggemaakt.

De formule van Theis is ook toepasbaar voor een freatische aquifer zonder voeding, als voor de bergingscoëfficiënt de vrije berging wordt gebruikt en de verzadigde dikte als constant wordt beschouwd (geldig voor een niet te diepe afpompings in vergelijking tot de verzadigde dikte van de aquifer).

1.1.3.2 Parallele grondwaterstroming (lijnbemalingen)

Parallele grondwaterstroming in volledig gespannen grondwatersystemen, kan in principe analytisch berekend worden. Er wordt hiervoor verwezen naar relevante literatuur⁴. In de praktijk wordt dit zeer weinig toegepast bij bemalingen.

³ www.grondwaterformules.nl/index.php/formules/waterloop/deklaag-met-sloten en verwijzingen naar literatuur op deze webpagina.

⁴ www.grondwaterformules.nl/index.php/formules/waterloop/deklaag-met-sloten en verwijzingen naar literatuur op deze webpagina.

1.1.4 Verspreidingssnelheid verontreinigde stoffen

Met de wet van Darcy kan berekend worden hoeveel water gemiddeld per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid door een poreus medium stroomt. Dit is de Darcy-flux of Darcy-snelheid. Aangezien het poriënvolume waardoor het grondwater stroomt slechts een fractie is van het totale grondvolume, is de gemiddelde snelheid waarmee het water door de poriën stroomt veel hoger dan de Darcy-snelheid. Deze gemiddelde stroomsnelheid kan bekomen worden door de Darcy-snelheid te delen door de effectieve porositeit (Vergelijking 8).

$$\text{Vergelijking 8: } v_{gw} = \frac{Ki}{n_e}$$

Met:

- v_{gw} : stroomsnelheid (m/d);
- K : horizontale doorlatendheid (m/d);
- i : stijghoogteverhang (m/m);
- n_e : effectieve porositeit (-).

De effectieve porositeit is typisch 30 à 35 % in een homogene zandgrond. Alhoewel in fijnkorrelige grondsoorten, zoals leem en klei, de totale porositeit hoger ligt dan in een zandgrond, zal de effectieve porositeit lager liggen.

De berekende snelheid betreft een gemiddelde snelheid: sommige waterdeeltjes gaan trager bewegen en andere sneller. Een in water opgeloste stof zou zich met exact dezelfde snelheid verplaatsen ten gevolge van advectie indien de volgende verschijnselen niet zouden optreden:

- dispersie: lokale afwijkingen van de gemiddelde stroomsnelheid;
- diffusie (in de praktijk meestal te verwaarlozen in verhouding tot het effect van bemalen/retourneren);
- sorptie: vasthechten van de stof aan of in de gronddeeltjes;
- afbraak (bv. nucleair verval);
- overige fysische, chemische en/of biochemische reacties (zoals ionenuitwisseling, redox-reacties ...).

Zo zal keukenzout (NaCl) opgelost in het grondwater zich met nagenoeg dezelfde snelheid bewegen als het grondwater. Veel stoffen gaan zich echter trager bewegen ten gevolge van de bovenstaande processen. De vertraagde verplaatsingssnelheid van een verontreiniging ten opzichte van de stroomsnelheid van het grondwater kan indicatief berekend worden met een retardatiefactor R (Vergelijking 9).

$$\text{Vergelijking 9: } V_{stof} = \frac{v_{gw}}{R}$$

Met:

- v_{stof} : verplaatsingssnelheid van de stof (m/d);
- v_{gw} : stroomsnelheid van het grondwater (m/d);
- R : retardatiefactor (-).

De retardatiefactor R wordt per stof bepaald door de adsorptie-eigenschappen van de matrix (de ondergrond) en door de fysische eigenschappen als porositeit en bulk dichtheid. Voor meer informatie over retardatie wordt verwezen naar de technische richtlijn grondwaterhandelingen van OVAM. Indien

er een beschrijvend bodemonderzoek werd uitgevoerd voor de site waar bemaald zal worden, kan men zich wenden tot dit rapport waarin de retardatiefactor bepaald werd.

1.1.5 Berekening van het debiet bij een hydraulisch gesloten bouwput

Indien de bouwput hydraulisch afgesloten wordt door middel van waterremmende wanden die aangezet worden in een horizontale waterremmende laag (natuurlijk of artificieel), dan zal het te bemalen debiet sterk gereduceerd worden. Na het plaatsen van de wanden (en eventueel de artificiële horizontale waterremmende laag) moet het geborgene water worden weggepompt. Dit is het grondwater dat zich in de uit te graven grond bevindt. Bij kleigronden blijft het geborgene water gebonden aan de klei en wordt het dan ook met de klei weggenomen bij de uitgraving. In zandgronden echter moet het geborgene water worden bemaald. Het volume water (V) dat weggenomen wordt, kan dan als volgt berekend worden:

$$\text{Vergelijking 10: } V = \text{oppervlakte bouwput (m}^2\text{)} * \text{dikte verzadigde grondlagen (m)} * \text{berging (\%)}$$

Het geborgene water dient éénmalig te worden weggepompt, bij opstart van de werken. Nadien valt het debiet terug tot het debiet dat doorheen de waterremmende wanden lekt, het debiet dat eventueel doorheen de horizontale waterremmende laag lekt en hemelwater dat in de bouwput valt.

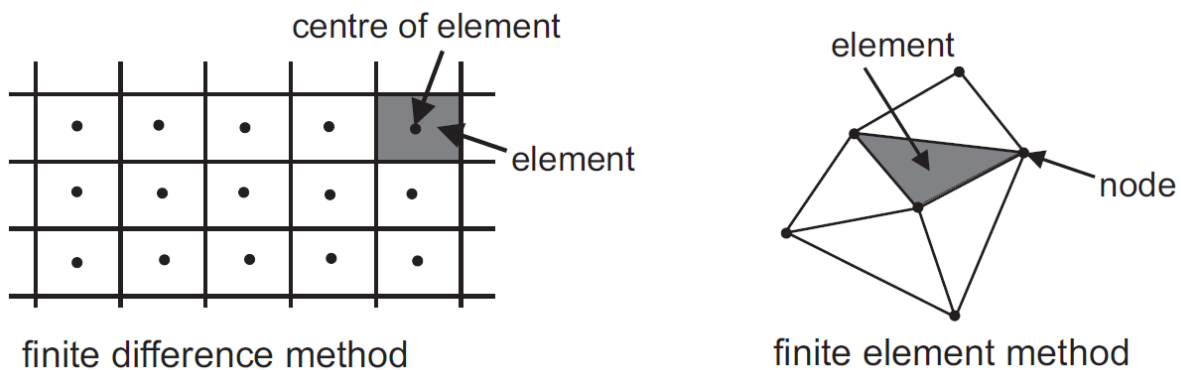
Voor het berekenen van het lekdebet doorheen waterremmende wanden, wordt verwezen naar [bijlage 6.18](#). Het debiet dat eventueel doorheen de horizontale waterremmende laag infiltreert kan berekend worden door middel van de formule van Darcy. Dit debiet is niet relevant indien wanden worden aangezet in een dik pakket (meerdere meters) tertiaire klei, zoals bv. de Formatie van Boom. Het hemelwater dat in de bouwput zal vallen kan berekend worden rekening houdend met de gemiddelde neerslaghoeveelheid en de oppervlakte van de bouwput.

1.2 Numerieke methoden

1.2.1 Voorbeschouwingen

Bij complexe bemalingen of bemalingen die een negatieve impact kunnen hebben of situaties waar niet voldaan is aan de aannames om analytische formules te kunnen gebruiken, wordt vaak overgeschakeld naar numerieke rekenmethoden ter bepaling van het debiet en de invloed van een bemaling naar de omgeving. Door middel van een numerieke modellering kunnen locatie-specifieke verschillen en effecten beter in kaart gebracht worden (bv. variatie van dikte of doorlatendheid binnen een watervoerende laag of belangrijke randvoorwaarden zoals een grote waterloop of barrières zoals wanden). Op die manier is een meer nauwkeurig ontwerp van de bemaling mogelijk.

Numerieke grondwatermodellen zijn meestal gebaseerd op de 'eindige verschillen' of de 'eindige elementen' methode (Figuur 3). De code die momenteel veruit het vaakst wordt toegepast in grondwaterstudies is MODFLOW (met toepassing van de 'eindige verschillen' methode of 'eindige volumes' methode). MODFLOW kent verschillende gebruikersinterfaces, zoals bv. ModelMuse, Groundwater Vistas, Visual Modflow, GMS ... De recentste versie van MODFLOW is versie 6.



Figuur 3: Visuele weergave van het verschil tussen de ‘eindige verschillen’ methode (finite difference method) en de ‘eindige elementen’ methode (finite element method)^[e].

Het opstellen van een grondwatermodel bestaat meestal uit een reeks opeenvolgende stappen, waarvan de belangrijkste zijn:

1. Opstellen van een basismodel;
2. (Gevoeligheidsanalyse, kalibratie en validatie);
3. Scenarioberekeningen;
4. (Onzekerheidsanalyse op de scenarioberekeningen);
5. Verwerken en weergeven van de modelresultaten;
6. Interpretatie van de modelresultaten.

De stappen 2 en 4 zijn tussen haakjes geplaatst omdat deze bij kleinere modelstudies vaak niet worden uitgevoerd wegens de beperkte tijd/budget.

Het opbouwen van numerieke grondwatermodellen behoeft expertise ter zake, evenals substantiële hydrogeologische kennis en wiskundig inzicht. Numeriek modelleren kan dan ook enkel worden toegepast door personen/instanties met voldoende kennis (grondwateradviseurs en grondwaterexperten; zie paragraaf 3).

Het valt buiten de doelstelling van deze richtlijn om breed en diep in te gaan op grondwatermodellering als dusdanig, daarover bestaat een uitgebreide wetenschappelijke vakliteratuur (zie [bijlage 6.11](#)). Hoe complex en verfijnd modellen ook zijn, ze zijn steeds een verregaande vereenvoudiging van een complexe werkelijkheid. Aangezien elk model een vereenvoudiging is van de werkelijkheid, bestaat er ook geen uniek modelconcept dat voor alle grondwatervraagstukken de beste oplossing geeft. Een grondwatermodel dat specifiek gekozen is om een bepaalde vraagstelling te beantwoorden is in principe altijd beter dan een algemeen, generiek model.

Er zijn een aantal aandachtspunten en technieken die belangrijk zijn bij het gebruik van numerieke grondwatermodellen, specifiek voor het dimensioneren van bemalingen en retourbemalingen. Deze worden toegelicht voor wat betreft MODFLOW, omdat dit wereldwijd veruit de meest gebruikte code is voor het modelleren van grondwater en ook in Vlaanderen zeer dikwijls wordt toegepast. Sommige van deze aspecten gelden in het algemeen voor alle grondwatermodellen (ook analytische formules). Een aantal van deze aandachtspunten zijn:

- Keuze van de horizontale modelindeling in modelcellen voor het correct dimensioneren van bemalingsonderdelen zoals filters, drainages, wanden ...;
- Keuze van verticale modelindeling in modellagen om 1) de grondlagen te vatten die belangrijk

zijn voor het bemalingsconcept en 2) randvoorwaarden zoals wanden, filters ... op de correcte diepte in te geven;

- Het gebruik van de meest aangewezen randvoorwaarden voor de dimensionering van bemalingsonderdelen zoals filters, wanden en retourputten;
- Selectie van een stationaire en/of een tijdsafhankelijke simulatie, belangrijk voor de berekening van de invloedsstraal en het totaal onttrokken bemalingsvolume;
- Hoe op een zinvolle manier omgaan met bemaling in verzilte gebieden.

1.2.2 Te doorlopen stappen

1.2.2.1 Gegevensverzameling en omgevingsscreening

Zie checklists 1 en 2 in respectievelijk [bijlagen 6.2 en 6.4](#).

1.2.2.2 Concept bepalen

Met de conceptbepaling worden de vragen beantwoord: 'wat wil men modelleren?' en 'welke bemalingstechniek wil men aanwenden?'. Een model heeft immers slechts een voorspellende kracht voor de specifieke context waarvoor het is opgesteld. Het modelleren van een regionale grondwaterstroming vraagt een ander concept dan het modelleren van bemalingsfilters over een oppervlak van bv. 50x20 m. Belangrijke vragen in deze conceptuele fase zijn:

- Hoe groot en hoe gedetailleerd moet het model zijn om de bemaling te dimensioneren en de impact op de omgeving te omvatten?
- Welke hydrogeologische eenheden/lagen moeten opgenomen worden en welke zijn minder belangrijk in functie van het bemalingsontwerp?
- Welke hydrologische randvoorwaarden (waterlopen, breuken, wanden...) zijn belangrijk voor de bemalingsingreep en de effecten op de omgeving?

1.2.2.3 Horizontale afbakening en indeling in modelcellen

De horizontale afbakening wordt best gekozen zodanig dat:

- De grenzen ver genoeg liggen van de invloed van de bemaling,
- De grondwaterstanden en de grondwaterstroming binnen het modelgebied goed kunnen worden benaderd, door de juiste randvoorwaarden op te leggen aan de modelranden. Het is aan te raden om waar mogelijk de modelranden te doen samenvallen met grondwaterscheidingen ofwel de randvoorwaarden op de modelgrenzen over te nemen vanuit een groter, omvattender model.

Bij de horizontale indeling in modelcellen moet de afweging gemaakt worden tussen enerzijds het model fijn genoeg te laten rekenen en anderzijds de rekentijd werkbaar te houden. In de praktijk blijken modellen met minder dan 1 miljoen modelcellen met een krachtige desktop pc vrij snel door te rekenen. Voor bemalingsstudies worden meestal de modelcellen binnen een zone rond de bemaling verfijnd tot modelcellen van 1 à 25 m² om gedetailleerde resultaten te krijgen. MODFLOW 6 biedt in tegenstelling tot de oudere versies van MODFLOW een lokaal flexibele verfijning aan.

1.2.2.4 Verticale afbakening en indeling in modellagen

Behalve voor uitzonderlijk diepe bemalingen wordt normaal gezien gerekend tot de eerste dikke aquitard, wat in Vlaanderen meestal overeenkomt met één van de Hoofdeenheid-aquitards van het

H3D-model: A0300, A0500, A0700, A0900. De top van de aquitard vormt de onderkant van het model⁵. Het maaiveld wordt meestal als de top van het model genomen. Er moet wel opgepast worden dat de grondwatertafel niet boven het maaiveld uitkomt, aangezien de bovenste modellaag dan automatisch gespannen reageert in de huidige MODFLOW 6.

Als de top en de basis van het model gekozen zijn, wordt vervolgens het model verticaal ingedeeld in modellagen, om:

1. De belangrijkste hydrogeologische lagen in te voeren. Dit kan meer zijn dan de lagen uit het H3D-model, zoals een lokale dunne kleilaag die belangrijk is voor het bemalingsconcept;
2. De bemalingsingrepen en andere modelrandvoorwaarden op de juiste diepte in te voeren;
3. Dikke modellagen op te delen om de verticale stroming nauwkeuriger te simuleren.

1.2.2.5 Randvoorwaarden invoeren

Randvoorwaarden zijn alle hydrologische elementen die van invloed kunnen zijn op het grondwatersysteem: grondwatervoeding, oppervlaktewater, andere onttrekkingen, wanden, drainages, infiltraties ...

De vertaling van de hydrologische randvoorwaarden naar modelrandvoorwaarden zal grotendeels bepalen hoe het model zal reageren op een ingreep. De bemalingsingrepen worden ook als randvoorwaarden ingevoerd. De meeste gebruikte types zijn:

- Opgelegd debiet (MODFLOW “WELL”-type): als men een (onttrekkings-)put of infiltratiezone met een gekend debiet wil invoeren in één of meerdere cellen;
- Opgelegd drainagepeil met drainageweerstand (MODFLOW “DRAIN”-type): als men een bepaald drainagepeil wil instellen met een bepaalde drainageweerstand, voor bemalingsfilters, drainagesleuven, drainagebuizen ... Het drainagedebiet wordt dan berekend door MODFLOW uit het verschil tussen het opgelegde peil en het drainagepeil, verminderd met een factor bepaald uit de weerstand. Er wordt enkel gedraineerd als het berekende grondwaterpeil in de modelcel hoger is dan het opgelegde drainagepeil. Er wordt nooit water toegevoegd aan het grondwatermodel;
- Opgelegd infiltratie-/injectiepeil met infiltratie-/injectieweerstand (MODFLOW “GENERAL HEAD BOUNDARY (GHB)”-type): voor het invoeren van injectieputten of infiltraties waarbij men een peil wil opleggen. Ook hier berekent MODFLOW het infiltratiedebiet. De randvoorwaarde injecteert water in de modelcel als het berekende grondwaterpeil in de modelcel onder het injectiepeil ligt. Let wel: deze randvoorwaarde kan ook draineren als het berekende grondwaterpeil in de modelcel boven het opgelegde infiltratiepeil ligt.

Verder kan er ook gebruik gemaakt worden van het MODFLOW “RCH”-type om infiltratie, grondwatervoeding of verharding in te voeren, en het MODFLOW “RIVER”-type om waterlopen in te voeren (gelijkaardig aan het “GHB”-type, maar met een limiet op de infiltratieflux als het grondwaterpeil onder de bodem van de waterloop zakt).

⁵ Op sommige locaties in Vlaanderen komt de eerste aquitard slechts op grote diepte voor, bv. in de Kempen. In dergelijke gevallen zal het ingeven van de volledige dikte van de aquifer meestal een overschatting opleveren van het bemalingsdebiet, tenzij rekening gehouden wordt met een lage verticale doorlatendheid van de aquifer.

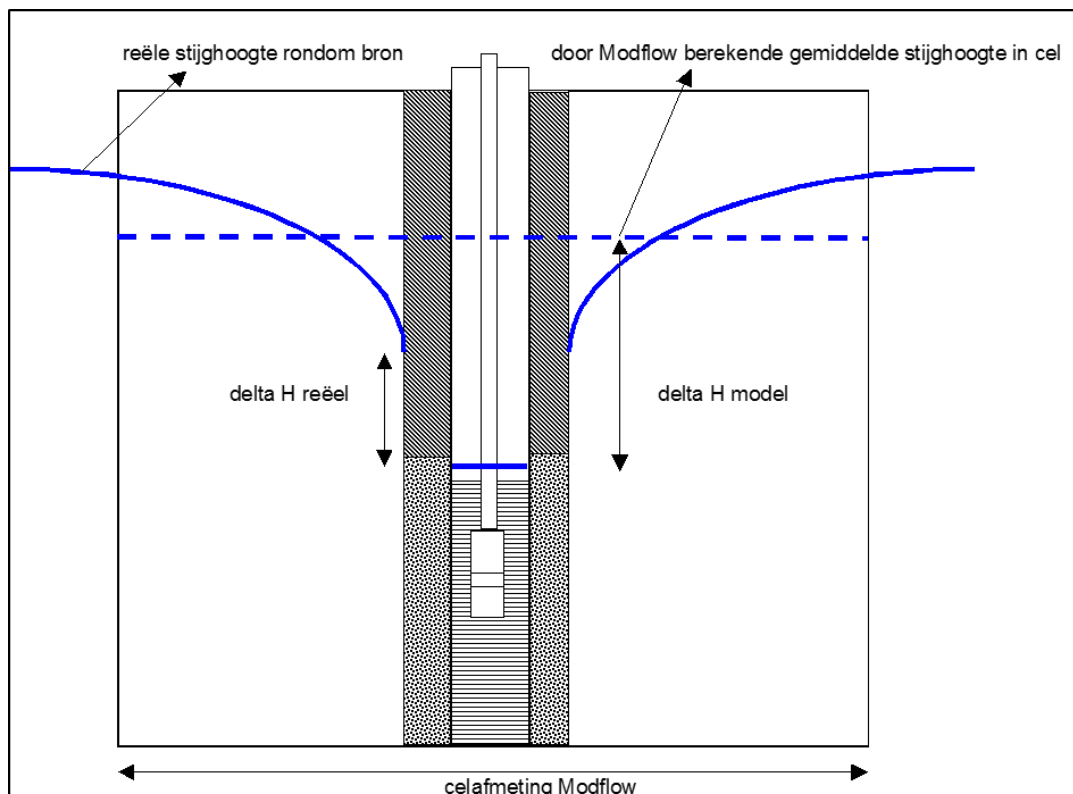
1.2.2.6 Invoeren van bemalingsingrepen als randvoorwaarden

Dit zijn bijkomende randvoorwaarden betreffende alle elementen die rechtstreeks te maken hebben met de uitvoeringstechniek (putten, filters, wanden, retourputten, infiltratievoorzieningen ...)

1.2.2.6.1 Dieptebronnen en bemalingsfilters

Dieptebronnen en bemalingsfilters worden in een model op dezelfde manier benaderd. Er is alleen een verschil in dimensies en dus in opnamevermogen. In MODFLOW kan je ze op verschillende manieren invoeren. Een eerste manier bestaat erin een debiet op te leggen (door middel van het WELL-pakket). Als resultaat krijg je dan een grondwaterverlaging als gevolg van dat opgelegde debiet. Om tot een ontwerp te komen moet je dus een aantal '*trial and error*' cycli doorlopen om het gepaste debiet uit te komen dat aanleiding geeft tot de gewenste verlaging. Dit is zeer onhandig. Maar erger nog is het feit dat men helemaal niet weet of die putten of filters dat opgelegde debiet wel kunnen leveren. In MODFLOW is het namelijk zo dat er meestal een groot verschil is tussen de celafmeting enerzijds, en de putdiameter die in die cel is gedefinieerd anderzijds. MODFLOW berekent een gemiddelde stijghoogte over een cel met bepaalde afmetingen (bv. 5 x 5 m). De stijghoogte in de onmiddellijke omgeving rond een put met een veel kleinere afmeting (bv. 250 mm) is echter veel lager dan de gemiddelde stijghoogte in de cel waarin de put is gedefinieerd. Daardoor zal MODFLOW steeds een belangrijke overschatting maken van het opnamevermogen van een individuele put, zoals in Figuur 5 duidelijk wordt.

In functie van het dimensioneren van een bemaling is het dan ook beter te werken met een opgelegde stijghoogte in combinatie met een aangepaste conductantieterm (MODFLOW DRAIN-pakket). De DRAIN randvoorwaarden worden dan ingegeven voor de cellen ter hoogte van de geplande bemalingselementen. Bij een bemaling met horizontale drains worden de drains gesimuleerd door een lijn van aaneensluitende DRAIN cellen. Het aanpassen van de conductantieterm gebeurt in functie van het verschil in celafmeting en bronafmeting. Er bestaat namelijk een analytische relatie tussen de berekende stijghoogte in een cel en die in een put van veel kleinere afmetingen (Anderson and Woessner, 1992^[f]). Uit deze relatie kan een 'rekenweerstand' worden afgeleid. Deze rekenweerstand is in de praktijk veel groter dan de effectieve, hydraulische putweerstand, die in serie staat met de rekenweerstand. Door deze beiden in rekening te brengen verkrijgt men de best mogelijke benadering van de reële opnamecapaciteit van een put. In Tabel 2 worden de waarden weergegeven van de conductantieterm als afhankelijke van de verhouding tussen de celafmetingen en bronafmetingen.



Figuur 4: Verschil tussen de reële stijghoogte en de door MODFLOW berekende stijghoogte in een cel.

Tabel 2: Waarden van de conductantieterm (C = conductantie; T = verzadigde filterhoogte).

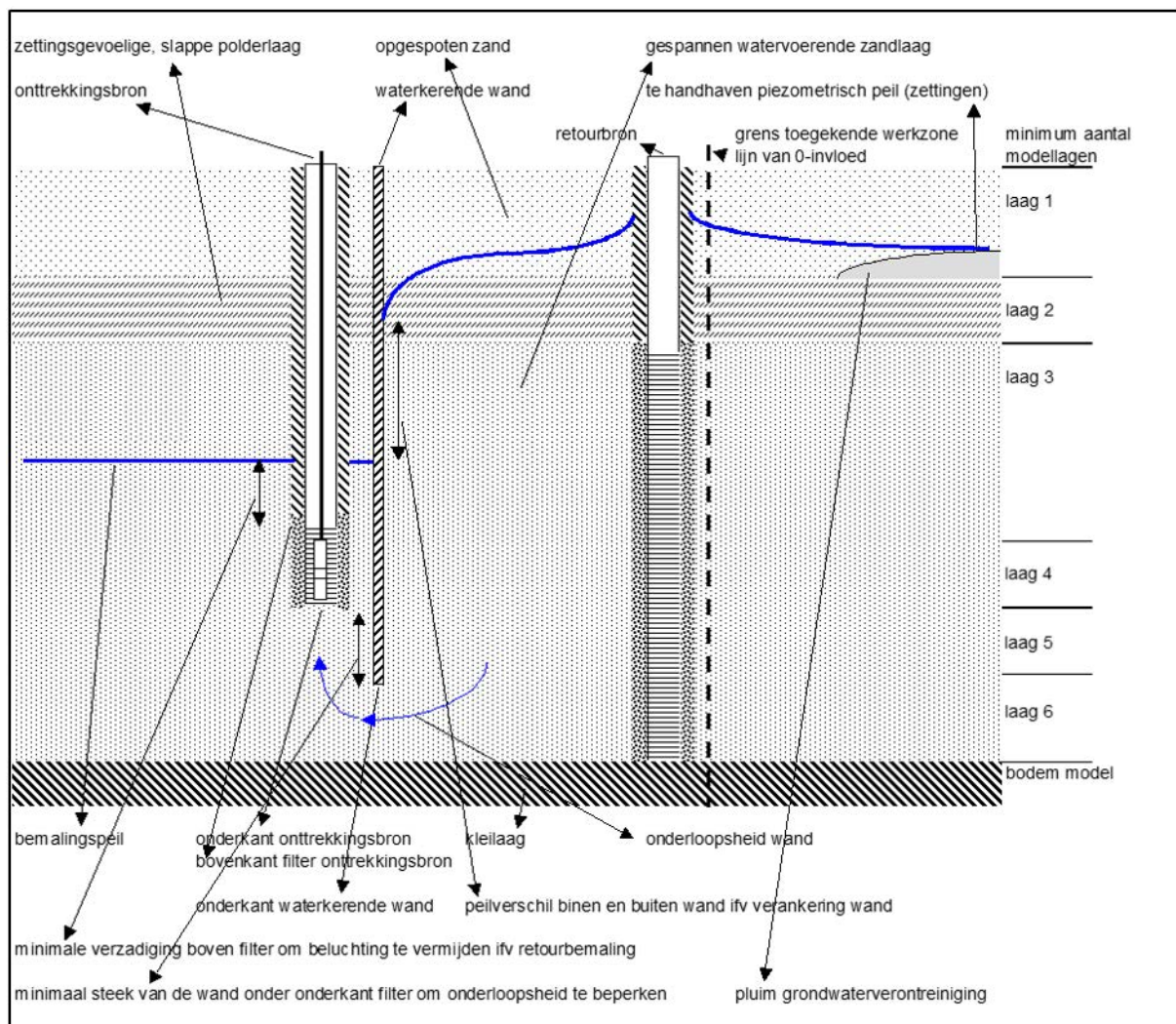
Waarden van C/2piT in functie van de celafmeting a en brondiameter r										
r bron a cel	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
0,208a										
1	0,208	0,7015	1,3654	3,059	25,497					
2	0,416	0,472	0,7015	0,9803	1,3654	1,9638	3,059	5,7886	25,497	
3	0,624	0,3962	0,5462	0,7015	0,8789	1,0933	1,3654	1,7295	2,2488	3,059
4	0,832	0,3556	0,472	0,5837	0,7015	0,8317	0,9803	1,1549	1,3654	1,6271
5	1,04	0,3295	0,427	0,5164	0,6066	0,7015	0,8044	0,9182	1,0466	1,1937
6	1,248	0,3108	0,3962	0,472	0,5462	0,622	0,7015	0,7866	0,8789	0,9803
7	1,456	0,2966	0,3734	0,44	0,5037	0,5675	0,633	0,7015	0,774	0,8516
8	1,664	0,2853	0,3556	0,4156	0,472	0,5276	0,5837	0,6414	0,7015	0,7647
9	1,872	0,276	0,3413	0,3962	0,4471	0,4967	0,5462	0,5964	0,648	0,7015
10	2,08	0,2682	0,3295	0,3803	0,427	0,472	0,5164	0,5611	0,6066	0,6532
11	2,288	0,2615	0,3195	0,367	0,4103	0,4517	0,4922	0,5326	0,5734	0,6149
12	2,496	0,2557	0,3108	0,3556	0,3962	0,4346	0,472	0,509	0,5462	0,5837
13	2,704	0,2506	0,3033	0,3458	0,384	0,42	0,4548	0,4891	0,5233	0,5576
14	2,912	0,246	0,2966	0,3372	0,3734	0,4073	0,44	0,472	0,5037	0,5355
15	3,12	0,2419	0,2907	0,3295	0,364	0,3962	0,427	0,4571	0,4868	0,5164
16	3,328	0,2382	0,2853	0,3226	0,3556	0,3863	0,4156	0,444	0,472	0,4998
17	3,536	0,2348	0,2805	0,3164	0,3481	0,3775	0,4054	0,4324	0,4589	0,4851
18	3,744	0,2317	0,276	0,3108	0,3413	0,3695	0,3962	0,4219	0,4471	0,472
19	3,952	0,2288	0,272	0,3057	0,3352	0,3623	0,3879	0,4125	0,4366	0,4603
20	4,16	0,2262	0,2682	0,301	0,3295	0,3556	0,3803	0,404	0,427	0,4496
21	4,368	0,2237	0,2648	0,2966	0,3243	0,3496	0,3734	0,3962	0,4183	0,44
22	4,576	0,2214	0,2615	0,2926	0,3195	0,344	0,367	0,389	0,4103	0,4312
23	4,784	0,2192	0,2585	0,2888	0,315	0,3388	0,3611	0,3824	0,403	0,4231
24	4,992	0,2172	0,2557	0,2853	0,3108	0,334	0,3556	0,3763	0,3962	0,4156
25	5,2	0,2153	0,2531	0,282	0,3069	0,3295	0,3506	0,3706	0,3899	0,4086

De 'rekenweerstand' $1/C$ is in de meeste gevallen belangrijker dan de effectieve putweerstand (tenzij putten effectief verstopt zijn). In de praktijk komt het erop neer dat de putweerstand bij bronnen verwaarloosbaar is t.o.v. de 'rekenweerstand' voor cellen groter dan 4 meter, en bij filters voor cellen groter dan 2 m. Indien met dit aspect geen rekening gehouden wordt bij het bepalen van het aantal noodzakelijke bronnen en hun onderlinge tussenafstand, is het resultaat van het model absoluut onbetrouwbaar en waardeloos.

Een bijkomend aandachtspunt is dat best vermeden wordt een maximale stroomsnelheid v_{max} doorheen het grindpakket rondom het filterelement te overschrijden. Een vuistregel is $v_{max} < \frac{\sqrt{K}}{15}$, met v_{max} en K in m/s.

1.2.2.6.2 Wanden

Waterremmende wanden kunnen in MODFLOW rechtstreeks worden ingegeven via het 'Horizontal Flow Barrier (HFB)'-pakket. Deze randvoorwaarde brengt een horizontale stromingsweerstand (uitgedrukt in dagen) tussen twee aanliggende modelcellen in. Voor een poreuze wand wordt de weerstand dikwijls afgeleid als de wanddikte (m) gedeeld door de horizontale doorlatendheid (m/dag; zie [bijlage 6.18](#)). Een alternatief is te werken met fijne celafmetingen met verlaagde doorlatendheden ter hoogte van de wand. In functie van de positie van de onderkant van de wand, de positie van onttrekkingsbronnen en de positie van een eventuele ondoorlatende laag, is het belangrijk voldoende dunne modellagen te voorzien om de stroming onder de wand in hoge resolutie te benaderen. Figuur 5 toont als voorbeeld een situatie met 3 lagen met verschillende hydrogeologische eigenschappen die in het model relevant zijn. Het bemalingsconcept vereist echter minimaal 6 modellagen in functie van het ontwerp.



Figuur 5: Hydrogeologische schematisatie versus concept bemaling/retourbemaling en noodzakelijk aantal modellagen.

Een verfijnde verticale discretisatie is voor het correct modelleren van een bemaling belangrijk om de volgende reden: een 3D MODFLOW model is in feite een verticale stapeling van 2D modellen, de modellagen. In elke cel van elke laag rekent MODFLOW resultaten uit voor druk en massabalans, die gelden voor het centrum van de betreffende cel, niet aan de randen ervan. Wanneer de lagen dik zijn, bv. een laag van 20 m in een gespannen laag onder een kleilaag die zou kunnen opbarsten, dan krijgt men resultaten voor die laag op een niveau van 10 meter onder de kleilaag waarvan men wilt weten of ze zal opbarsten. Dit is niet relevant. Men wil namelijk weten wat de druk is ter hoogte van de basis van de kleilaag die zou kunnen opbarsten. Daarom moeten daar één of zelfs een paar dunne laagjes voorzien worden, net onder de klei, zodanig dat het resultaat relevant wordt voor datgene wat men wil weten. Hetzelfde geldt in de horizontale richting, wanneer men bv. de druk wil weten op een waterremmende wand buiten de bouwput zal men dan de celbreedte net buiten de wand fijn genoeg moeten nemen.

1.2.2.6.3 Retourputten

Voor retourputten gelden dezelfde overwegingen als deze besproken voor de onttrekkingsputten. Net zoals voor een bemaling een te bereiken grondwaterstand de doelstelling is, is het voor een retourbemaling de doelstelling een grondwaterstand te handhaven om bv. zettingen te vermijden, een hydraulisch scherm te creëren om een vervuiling ter plaatse te houden, zoutwaterintrusie te vermijden ... Om deze redenen, en eveneens om een goede inschatting te maken voor het reële opnamevermogen van de bronnen, is het ook hier veel beter om in een cel een opgelegde stijghoogte in combinatie met een “conductantie” (omgekeerde van weerstand, nl. $1/\text{weerstand}$) te hanteren. Hiervoor komt het ‘GENERAL HEAD BOUNDARY (GHB)’-pakket van MODFLOW in aanmerking.

In de praktijk komt het vaak voor dat de opnamecapaciteit van retourbronnen in de tijd afneemt (zie [bijlage 6.9](#)). Dit kan te wijten zijn aan verschillende oorzaken zoals:

- het verlagen van de redoxgrens tot in het filterelement;
- het onvoldoende op druk houden van de retourleidingen waardoor ontgassing optreedt;
- het beschadigen van leidingen tijdens de werkzaamheden met beluchting en drukverlies tot gevolg;
- het onvoldoende ontwikkelen van de onttrekkingsbronnen waardoor te veel vaste deeltjes worden verpompt die de retourputten verstoppert (hoge MFI).

Om die reden is het aangewezen voor ontwerpdoeleinden de injectiecapaciteit van de retourbronnen (bepaald door de conductantie in MODFLOW) naar de veilige kant (laag) in te schatten, zeker indien er aanwijzingen zijn dat de omstandigheden ongunstig kunnen evolueren. Mogelijk zijn hierdoor meer retourbronnen nodig dan onttrekkingsputten.

Er moet rekening mee gehouden worden dat de filterstelling voor retourbronnen meestal anders is dan deze voor onttrekkingsbronnen, zeker wanneer er gewerkt wordt met gedeeltelijk waterremmende wanden (Figuur 5). Het is belangrijk dat het filtergedeelte van de retourbronnen wordt doorgezet over de ganse dikte van het watervoerend pakket (Figuur 5), om ervoor te zorgen dat de invloed van de onttrekking overal wordt gecompenseerd door de werking van de retourbemaling.

Anderzijds is het noodzakelijk om de filterlengte van de onttrekkingsbronnen te beperken. Zo moet er boven het filterelement voldoende verzadigde hoogte overblijven om beluchting te voorkomen, iets wat nefast is voor de kwaliteit van het retourwater (neerslag oxidatieproducten). Een vuistregel hiervoor is dat de verzadigde hoogte boven de bovenkant van het filterelement minimaal gelijk moet zijn aan de lengte van het filterelement. In combinatie met een partiële waterremmende wand zoals in Figuur 5 is voorgesteld, en retourputten op korte afstand van de wand, dient de steek van de wand onder de onderkant van het filterelement voldoende te zijn om een hydraulische kortsluiting tussen de onttrekkings- en retourbronnen te voorkomen.

Wat de minimale afstand betreft tussen onttrekkings- en retourbronnen, geldt als vuistregel dat die minimaal 10 keer het stijghoogteverschil tussen de niveaus van de bemaling en de retourbemaling moet bedragen (indien er geen waterremmende wanden worden toegepast). Dit is des te meer belangrijk naarmate er kleine horizontale stoorlaagjes in het watervoerend pakket voorkomen. Hierop stroomt water horizontaal richting uitgravingstalud dat hierdoor onstabiel kan worden. Indien een minimale tussenafstand niet haalbaar is (bv. door de positie van bebouwing t.o.v. de bemaling, die van zettingen moet gevrijwaard worden), is een geheel of gedeeltelijk afsluitende waterremmende wand noodzakelijk.

1.2.2.6.4 Infiltraties aan het maaiveld

Infiltraties kunnen in MODFLOW worden ingevoerd via het opleggen van een stijghoogte (bv. via een 'GHB'-randvoorwaarde) of door aan de cellen een voeding op te leggen via het 'RECHARGE'-pakket (meest aangewezen). Hou ook hier rekening met het ontwerp van de infiltratievoorziening (bv. dimensies infiltratiebekken, lengte en diepte infiltratiegracht ...). Ook bij oppervlakkige infiltratie vermindert meestal de opnamecapaciteit met de tijd als gevolg van oxidatieverschijnselen en/of biologische activiteit. In het model moet hiervoor een stromingsweerstand ingebouwd worden.

1.2.2.7 Parameters invoeren

Modelparameters zijn in eerste instantie de variabelen die je per cel kan laten variëren, zoals de horizontale en verticale doorlatendheden, de vrije en elastische berging, de effectieve porositeit ... Daarnaast zijn er ook de parameters die gerelateerd zijn aan de randvoorwaarden zoals de conductantie van waterlopen (die de wateruitwisseling tussen het grondwater en het oppervlaktewater in meer of mindere mate afremt).

De horizontale doorlatendheid van de modellaag waarin de bemalingsingrepen zitten zal grotendeels het bemalingsdebiet en de uitbreiding van de afpompingskegel bepalen. Hoe hoger de horizontale doorlatendheid, hoe groter het bemalingsdebiet. Bij een hogere doorlatendheid is de afpompingskegel platter: minder verlaging dicht bij de bemalingsingreep, meer verlaging op grote afstand.

De verticale doorlatendheid is vooral belangrijk als de bemaling plaatsvindt boven of onder een grondlaag die beperkt doorlatend is zoals een kleiige laag. Hoe lager de verticale doorlatendheid van deze laag, hoe minder de afgepompte aquifer kan gevoed worden en dus hoe verder de afpompingskegel uitbreidt. De verticale doorlatendheid is heel belangrijk bij een bouwkuip met waterremmende wanden aangezet tot in een waterremmende (klei-)laag: het bemalingsdebiet wordt dan sterk bepaald door de verticale doorlatendheid en dikte van de waterremmende laag. De verticale doorlatendheid is in de meeste gevallen een factor lager dan de horizontale (typisch 3x tot 10x lager⁶).

Bij stationaire bemalingen is de berging niet relevant: de grondwaterpeilen variëren immers niet in de tijd, dus er kan ook geen poriënvolume (berging) worden leeggemaakt of opgevuld. Bij tijdsafhankelijke bemalingen zal de berging wel belangrijk zijn, vooral in het begin van de bemaling wanneer de afpompingskegel uitbreidt. Hoe groter de berging, hoe meer grondwater moet worden weggenomen om de verlaging te bereiken, dus hoe trager de afpompingskegel uitbreidt. Op een gegeven moment komt de onttrekking in evenwicht met de grondwatervoeding en stopt de uitbreiding. Op dat ogenblik wordt de berging niet meer aangesproken. Bij freatische aquifers is de vrije berging dominant (bij het merendeel van de bemalingen), bij (semi-)gespannen aquifers is de elastische berging normaal

⁶ De verhouding tussen de horizontale en verticale doorlatendheid kan bepaald worden door middel van een pompproef.

dominant (zoals bij een spanningsbemaling).

De effectieve porositeit is vooral van toepassing bij stroombaan- en transportberekeningen. Hoe lager de effectieve porositeit, hoe sneller het grondwater door de poriën stroomt bij eenzelfde verschil in stijghoogte en hoe sneller een stof opgelost in het grondwater zal verplaatsen.

1.2.2.8 Initiële stijghoogtes

Een grondwatermodel kan niet rekenen zonder een initiële inschatting van de grondwaterpeilen. Dikwijls wordt hiervoor een arbitrair peil opgelegd, bijvoorbeeld aan het maaiveld, en wordt vervolgens een stationair model doorgerekend. De stationair berekende peilen kunnen dan dienen als initiële grondwaterpeilen om bijvoorbeeld een (tijdsafhankelijke) bemaling mee door te rekenen.

Er moet opgepast worden dat de initiële grondwaterpeilen in evenwicht zijn met het startpunt van de bemaling. Als bijvoorbeeld een stationair model is gebruikt met een grondwatervoeding uit neerslag van 200 mm/jaar, en vervolgens wordt een tijdsafhankelijk model voor de bemaling doorgerekend zonder voeding, dan kan er een peilverandering worden geïntroduceerd die niet afkomstig is van de bemaling maar eerder het gevolg is van de verandering in grondwatervoeding.

1.2.2.9 Kalibratie

Kalibratie is de aanpassing van parameters en randvoorwaarden in het model zodanig dat de modelresultaten zo goed mogelijk samenvallen met gemeten waarden op het terrein. Deze gemeten waarden kunnen zijn:

- stationaire en tijdsafhankelijke stijghoogtes;
- resultaten van pompproeven;
- resultaten van proefbemalingen;
- ...

De meest betrouwbare modellen bekom je wanneer de kalibratie is gebaseerd op een impact in het model ('stress') die vergelijkbaar is met datgene wat je wil voorspellen of ontwerpen (bv. een pompproef in de te bemalen laag, een proefbemaling ter hoogte van een kaaimuur in functie van een zettingsrisico ...). Bij het uitvoeren van pompproeven moet ook opgepast worden welke parameters het gevoeligste zijn in de proef. Zo zal bij een klassieke pompproef de horizontale doorlatendheid dominant zijn op het resultaat, de verticale doorlatendheid veel minder. Als men de verticale doorlatendheid wil testen van een waterremmende laag moet een aangepaste pompproef worden ontworpen. Kalibraties van een modelsimulatie in 'rust' zonder de beoogde ingreep (bv. stationaire stijghoogtes in rust), geven weinig informatie over hoe het model reageert op een ingreep.

Modelparameters zijn meestal schaalafhankelijk, dus een horizontale doorlatendheid afgeleid op basis van een pompproef is niet altijd representatief voor de globale doorlatendheid van dezelfde aquifer op regionale schaal en omgekeerd.

1.2.2.10 Zoet/zout water interfaces

Hoewel keukenzout (NaCl) een 'conservatieve *tracer*' is (het bindt zich quasi niet aan de bodem, is zeer oplosbaar, breekt niet af ...) is het in detail numeriek modelleren van zoet/zout water interfaces een complexe aangelegenheid. De reden is dat voor zout water, afhankelijk van de concentratie en de temperatuur, zowel de dichtheid als de viscositeit variabel zijn. Grote variaties in dichtheid veroorzaken stijghoogteverschillen die aanleiding geven tot een andere grondwaterstroming. De viscositeit heeft een invloed op de permeabiliteit van de aquifer; warm water heeft een lagere viscositeit dan koud

water en heeft daardoor een hogere permeabiliteit. In regionale modellen die de evolutie op lange termijn behandelen van bv. de zoutwaterintrusie langsheen een kustlijn, moet met deze variaties rekening gehouden worden. In functie van tijdelijke en beperkte bemalingen kan de problematiek meestal sterk vereenvoudigd worden, door de dichtheid en de viscositeit niet als variabele parameter te beschouwen. Het modelleren van het stoftransport met bijvoorbeeld MODFLOW 6-GWT of MT3D (modules voor stoftransport, gebaseerd op de simulatie van de grondwaterstroming), is dan minder complex. In het kader van bemalingen is het simuleren van zouttransport echter meestal te tijdrovend.

De initiële zoutconcentratie van de watervoerende lagen is vaak moeilijk in te schatten. In het algemeen worden hiervoor twee methoden gebruikt:

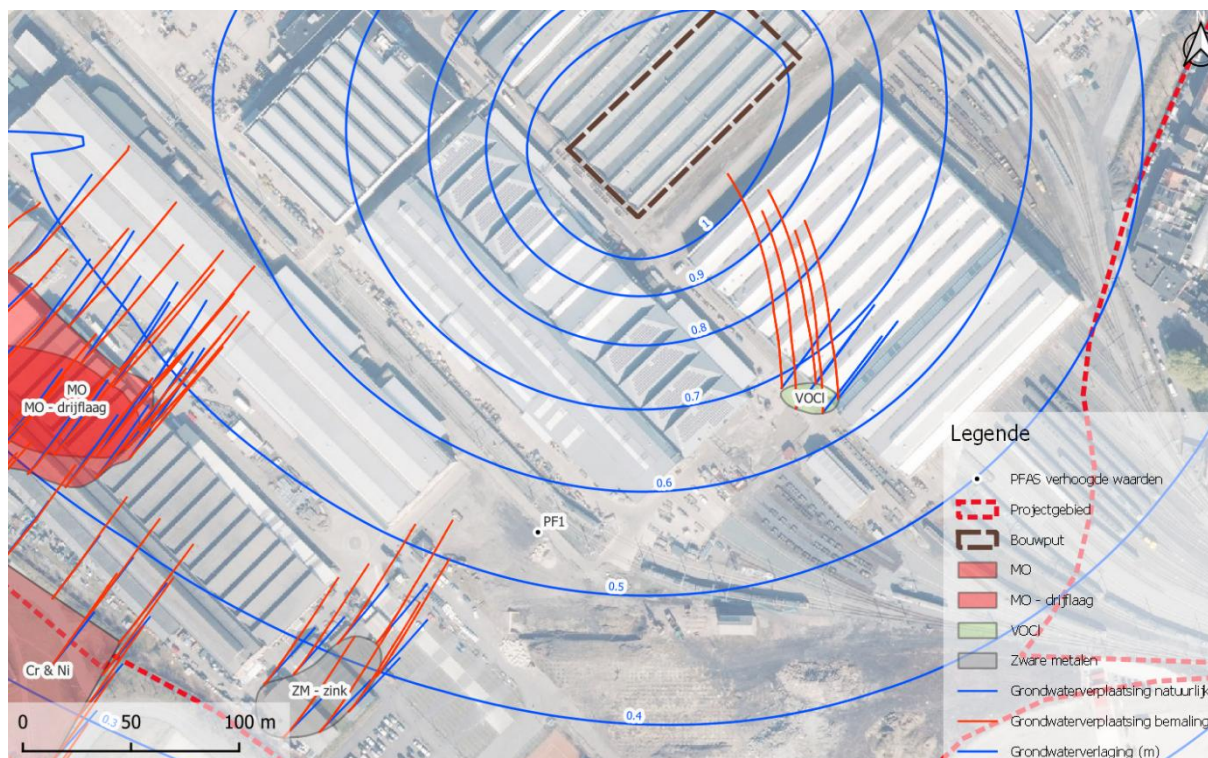
1. Concentraties opleggen op basis van metingen of kaarten (bv. de verziltingskaart). Het voordeel van deze methode is dat de huidige zoet/zout verdeling eenvoudig benaderd wordt, maar heeft als nadeel dat de zoutconcentraties niet in evenwicht zijn met de stijghoogtes.
2. De voorgeschiedenis van het zouttransport modelleren om tot de huidige zoet/zout verdeling te komen. Het nadeel is dat er grote onzekerheden zijn over de voorgeschiedenis en dus de huidige toestand moeilijk te benaderen is (tijdrovend proces). Het voordeel is dat op deze manier de zoet/zout in evenwicht is met de huidige grondwaterstroming.

1.2.2.11 Verontreinigingen

Het valt buiten de doelstelling van deze richtlijn om dieper in te gaan op het modelleren van stoftransport. In veel gevallen is dat een complexe aangelegenheid, waarvoor wordt verwezen naar de technische richtlijn grondwaterhandelingen van OVAM en naar wetenschappelijke vakliteratuur.

Er kunnen echter via de resultaten van stromingsmodellen zinvolle conclusies getrokken worden in verband met de interacties tussen de bemaling/retourbemaling en aanwezige verontreinigingen:

- Ligt de verontreiniging binnen de invloedsstraal van het project?
- Wat is de gradiënt en stroomsnelheid ter plaatse?
- Stroombaanberekening ('particle tracking') kan toegepast worden met bijvoorbeeld MODFLOW 6-PRT of MODPATH (voor oudere MODFLOW-versies). Dit geeft een ruwe indicatie van het traject van virtuele waterdeeltjes (zonder retardatie, dispersie, diffusie, afbraak ...) en de tijd die verloopt over dit traject. Door middel van een stroombaanberekening kan een vergelijking gemaakt worden tussen een situatie waarbij een virtueel waterdeeltje louter migreert onder invloed van de natuurlijke grondwaterstroming en een situatie waarbij deze natuurlijke grondwaterstroming beïnvloed wordt door een bemaling (Figuur 6). De resultaten van deze vergelijking kunnen dan gebruikt worden om te bepalen of de impact van de bemaling op de verontreiniging aanvaardbaar is. Er wordt hiervoor verwezen naar de technische richtlijn grondwaterhandelingen van OVAM.
- Deze resultaten kunnen gecombineerd worden met analytische benaderingen (zie paragraaf 1.1.4).



Figuur 6: Voorbeeld van een stroombaanberekening die het traject van virtuele grondwaterdeeltjes weergeeft onder invloed van een situatie zonder bemaling ('grondwaterverplaatsing natuurlijk') en een situatie met bemaling ('grondwaterverplaatsing bemaling').

1.2.2.12 Onzekerheden en gevoeligheden

Het omgaan met onzekerheden en gevoeligheden is inherent aan grondwatermodellering. Voor grotere projecten is er (soms) veel data beschikbaar die als input voor de modellen kan dienen, en die een vrij accurate kalibratie toelaat. De voorspellende kracht van deze modellen kan dan ook vrij groot en betrouwbaar zijn. Voor kleinere projecten, en dus de meeste courante bemalingsprojecten, is dit meestal niet het geval. In veel gevallen ontbreekt ook de tijd en het budget om deze data te produceren. De voorspellende kracht van de modellen die op weinig betrouwbare input, of louter ingeschatte parameters, zijn gebaseerd, is dan ook eerder gering. Hoe minder gehanteerde parameters en randvoorwaarden betrouwbaar zijn, des te belangrijker wordt het om de gevoeligheid naar het resultaat ervan te onderzoeken. Dit gebeurt best door de waarden ervan te laten variëren binnen aanvaarde minimum- en maximumgrenzen. Voor bemalingen zijn, los van het concept, volgende parameters en randvoorwaarden steeds gevoelig:

- de hydrogeologische opbouw als dusdanig: laagdiktes en de continuïteit ervan;
- horizontale en verticale doorlatendheid en hun verhouding ten opzichte van elkaar;
- grondwatervoeding uit effectieve neerslag-evapotranspiratie,
- conductanties en peilen van waterlopen;
- vrije en elastische berging voor wat betreft het tijdsafhankelijk debiet.

Meer specifiek voor het bemalingsconcept zijn de volgende zaken gevoelig:

- horizontale indeling in modelcellen, vooral de verfijning;
- conductanties van bronnen, filters, drains ...;

- doorlatendheid van waterremmende wanden of andere, al dan niet tijdelijke, waterremmende schermen (bv. waterglasinjectie);
- dieptes van wanden t.o.v. filterstelling van bronnen en filters;
- afstand tussen bronnen/wanden/retourbronnen.

Het verstandig hanteren van onzekerheden is uiteraard belangrijk, niet alleen om een aanvaardbaar bemalingsconcept te dimensioneren, maar daaraan gekoppeld ook om de correcte vergunning te kunnen aanvragen (zie [bijlage 6.7](#) en [6.8](#)). Indien een bepaalde vergunningsklasse dreigt overschreden te worden bij de minste wijziging van een gevoelige parameter/randvoorwaarde, is het belangrijk deze parameter/randvoorwaarde conservatief in te schatten en op basis van deze conservatieve berekening een hogere vergunningsklasse aan te vragen.

Bij de keuze van de parameters is het essentieel dat in de bemalingsnota aangegeven wordt hoe de parameters zijn gekozen, bijvoorbeeld op basis van literatuurwaarden, proeven of ervaring in de omgeving. Onderstaande parameters worden minstens in de bemalingsstudie besproken:

- Horizontale en verticale doorlatendheid toegepast voor elke grondlaag met verschillende hydrogeologische eigenschappen;
- Berging en effectieve porositeit voor elke grondlaag met verschillende hydrogeologische eigenschappen;
- De toegepaste hydraulische weerstand van waterremmende wanden of andere waterremmende schermen;
- De grondwatervoeding door neerslag;
- De conductanties en peilen van waterlopen.

Daarnaast wordt bij de parameterkeuze expliciet vermeld of een beste inschatting ('best guess') of een conservatievere waarde is gekozen en waarom. Zowel naar het technisch ontwerp toe als naar de effecten op de omgeving is het aangewezen veiliger te rekenen, zodat het merendeel van de bemalingen binnen de berekende invloedsstraal en debieten blijven. In de praktijk wordt dikwijls met een hogere grondwatervoeding uit neerslag gerekend, wat een hoger grondwaterpeil in rust geeft, om het bemalingsdebiet conservatief hoog te berekenen. Ook het rekenen met een hogere horizontale doorlatendheid van de afgepompte laag geeft een hoger debiet en een grotere invloedstraal.

1.2.3 Grondwatersimulator

In opdracht van de VMM werd de "Grondwatersimulator" ontwikkeld die gebruik maakt van een numeriek grondwatermodel opgebouwd in MODFLOW 6. Met de Grondwatersimulator kunnen de effecten van zelf gedefinieerde ingrepen in de freatische aquifer berekend worden zonder dat hiervoor specifieke kennis over grondwatermodellen vereist is⁷. Ook de cumulatieve effecten van een ingreep met de reeds bestaande freatische vergunde grondwaterwinningen worden berekend met de Grondwatersimulator. De Grondwatersimulator heeft een gebruiksvriendelijke gebruikersinterface via een *web browser* die sterk lijkt op de Verkenner van DOV.

De grondwatersimulator laat toe om op een snelle en eenvoudige manier een inschatting te maken van de grondwaterverlagingen die veroorzaakt worden in de omgeving van een bemaling van een bouwput of een sleuf. Er kan ook een inschatting van het debiet gemaakt worden om de bouwput of sleuf droog te krijgen.

⁷ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/grondwatersimulator>

Naast het modelleren van bemalingen kan de simulator ook gebruikt worden om de effecten van grondwaterwinningen, beregening, extra infiltratie of verminderde infiltratie te berekenen. Verschillende soorten ingrepen kunnen gecombineerd worden, zoals bv. een lijnbemaling en een bouwputbemaling. Er worden steeds drie situaties gemodelleerd:

- Simulatie zonder vergunde winningen noch ingrepen;
- Simulatie met enkel vergunde winningen⁸;
- Simulatie met zowel vergunde winningen als de ingreep ingegeven door de gebruiker (bv. de bemaling).

Bij het gebruik van de Grondwatersimulator blijft de gebruiker zelf verantwoordelijk voor het opstellen van een technisch goedwerkend bemalingsconcept, rekening houdend met relevante risico's zoals zettingen en het opbarsten van de bouwputbodemp. Voor meer informatie over het gebruik van de grondwatersimulator wordt verwezen naar de handleiding die online beschikbaar is⁹.

Er werd een evaluatie van de grondwatersimulator uitgevoerd en de resultaten van de simulator werden vergeleken met resultaten bekomen uit lokaal aangepaste grondwatermodellen. Hieruit is gebleken dat de grondwatersimulator in veel gevallen vergelijkbare resultaten produceert als een lokaal, aangepast numeriek grondwatermodel. Aan het gebruik van de grondwatersimulator zijn in de huidige vorm echter wel een aantal beperkingen verbonden:

- De modellagen zijn op basis van de op Vlaamse schaal gekarteerde hydrogeologische lagen vastgelegd (op basis van de hcov kartering¹⁰) en kunnen binnen de grondwatersimulator niet verfijnd worden of gecorrigeerd worden op basis van lokale vaststellingen. Hierdoor kunnen de meeste spanningsbemalingen in de huidige versie niet gesimuleerd worden omdat dunne kleilagen meestal niet in het model zitten.
- Als modellagen worden de hoofdeenheden (en voor A0200 ook de subeenheden) gebruikt van de hydrogeologische codering van de ondergrond van Vlaanderen. Met lokale heterogeniteit binnen hoofd / subeenheden wordt geen rekening gehouden. In gebieden met een afwijkende hydrogeologische opbouw wordt het gebruik van de Grondwatersimulator momenteel dan ook afgeraden en is het beter om een lokaal aangepast numeriek grondwatermodel op te stellen.
- De diepte van een filterbemaling of de tussenafstand kan niet getest worden omdat deze zoals in alle eindige verschillen grondwatermodellen aan een modellaag toegekend worden. De modellaag waarin de bemalingselementen geplaatst worden, kan niet gekozen worden. Modellagen extra definiëren kan nog niet binnen de grondwatersimulator. Het opstellen van een technisch goedwerkend bemalingsconcept is dan ook de verantwoordelijkheid van de gebruiker.
- Stijghoogtes worden aangeleverd als de relatieve verlaging van de grondwaterstand in meter t.o.v. het origineel waterpeil (niet t.o.v. het maaiveldpeil). De verlaging t.o.v. maaiveld moet nog door de gebruiker zelf berekend worden op basis van het initiële grondwaterpeil zoals door hem ingeschat / afgeleid uit peilmetingen ter plaatse. Door de modelbestanden te

⁸ Onder 'vergunde winningen' worden klassieke grondwaterwinningen en drinkwaterwinningen verstaan, en geen tijdelijke of permanente bemalingen. De vergunde winningen waar de Grondwatersimulator rekening mee houdt, worden maandelijks geactualiseerd.

⁹ <https://www.milieuinfo.be/confluence/display/DDOV/Handleiding+Grondwatersimulator>

¹⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=69703&woLang=nl>

downloaden en deze zelf door te rekenen in MODFLOW 6 kunnen de stijghoogtes wel bekomen worden. Hiervoor is echter enige kennis van grondwatermodelleren noodzakelijk.

- Retourbronnen kunnen in principe gesimuleerd worden als 'infiltratieputten', al is deze werkwijze complex aangezien er een infiltratiedebiet moet worden opgelegd. Dit infiltratiedebiet moet iteratief worden aangepast tot de retourputten het gewenste effect behalen. Infiltratie via een infiltratievoorziening kan nog niet gesimuleerd worden. Ook de toepassing van waterremmende wanden of horizontale schermen kan nog niet gesimuleerd worden.

Deze beperkingen zullen in de nabije toekomst worden weggewerkt. De achterliggende modellen worden verbeterd. Voor meer informatie over de actuele status van de Grondwatersimulator, wordt verwezen naar de betreffende webpagina¹¹.

De Grondwatersimulator kan gebruikt worden om snel een grondwatermodel te verkrijgen, dat dan getoetst wordt op kwaliteit en indien nodig aangepast wordt om de bemaling technisch correct te kunnen dimensioneren. De toetsing van de representativiteit kan gebeuren door het rapport te controleren dat gegenereerd wordt bij het gebruik van de Grondwatersimulator. In dit rapport worden de in het model gebruikte lagen en doorlatendheden beschreven.

1.3 Andere rekenmethoden

Naast analytische formules en numerieke modellen zijn er ook andere rekenmethoden, zoals analytische elementen modellen (AEM), toegepast in o.a. de rekeninstrumenten Anaqsim, TimML en TTim.

Een rekenmethode die naast analytische formules en numerieke modellen ook vaak wordt toegepast in bemalingsstudies zijn analytische formules voor meerlagige systemen, al dan niet gecombineerd met numerieke rekenmethoden. De bekendste rekeninstrumenten om deze methode toe te passen zijn MWell en MLU.

Deze rekeninstrumenten beschouwen de grondopbouw als een afwisseling van aquifers, waarin de grondwaterstroming zuiver horizontaal is, en aquitards, waarin de grondwaterstroming zuiver verticaal is. Hierdoor zijn er ook enkele beperkingen aan het gebruik van deze rekeninstrumenten. Voornamelijk het invoeren van complexe hydrogeologische variatie is niet mogelijk. Er wordt dan ook aanbevolen deze rekeninstrumenten enkel te gebruiken voor hydrogeologisch eenvoudige systemen, zoals ook van toepassing voor analytische formules (zie paragraaf 1.1).

¹¹ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/grondwatersimulator>

2 Samenvatting toepasbaarheid rekenmethoden

Toepassingsgebied rekenmethoden

Analytische formules

Idealiter toe te passen onder volgende omstandigheden:

- homogene aquifer binnen de invloedsstraal van de bemaling
- watervoerende laag die oneindig uitgestrekt is
- bemalingselementen zijn zo volkomen mogelijk
- afwezigheid van randvoorwaarden zoals waterlopen, drainages, wanden ...
- geen retourbemaling of infiltratie

Freatisch grondwater

Radiale stroming (bouwputten)

Formule van Sichardt en Dupuit *
Enkel voor initieel bemalingsdebiet

Formule van Dupuit *
Iteratief

Formule van Verruijt *
Iteratief

Formule van Hantush
Weerstand grondwaterstroming waterlopen

Parallele stroming (sleuven)

Formule van Edelman **
lijntrajecten (max. 300 m en min. 25 m)

* zie rekeninstrument VMM voor bemaling bouwput

** zie rekeninstrument VMM voor bemaling van een lijntraject

Gespannen grondwater met een lage weerstand tegen lek

Formule van De Glee
Voeding door lek

Formule van Hantush
Tijdsafhankelijk

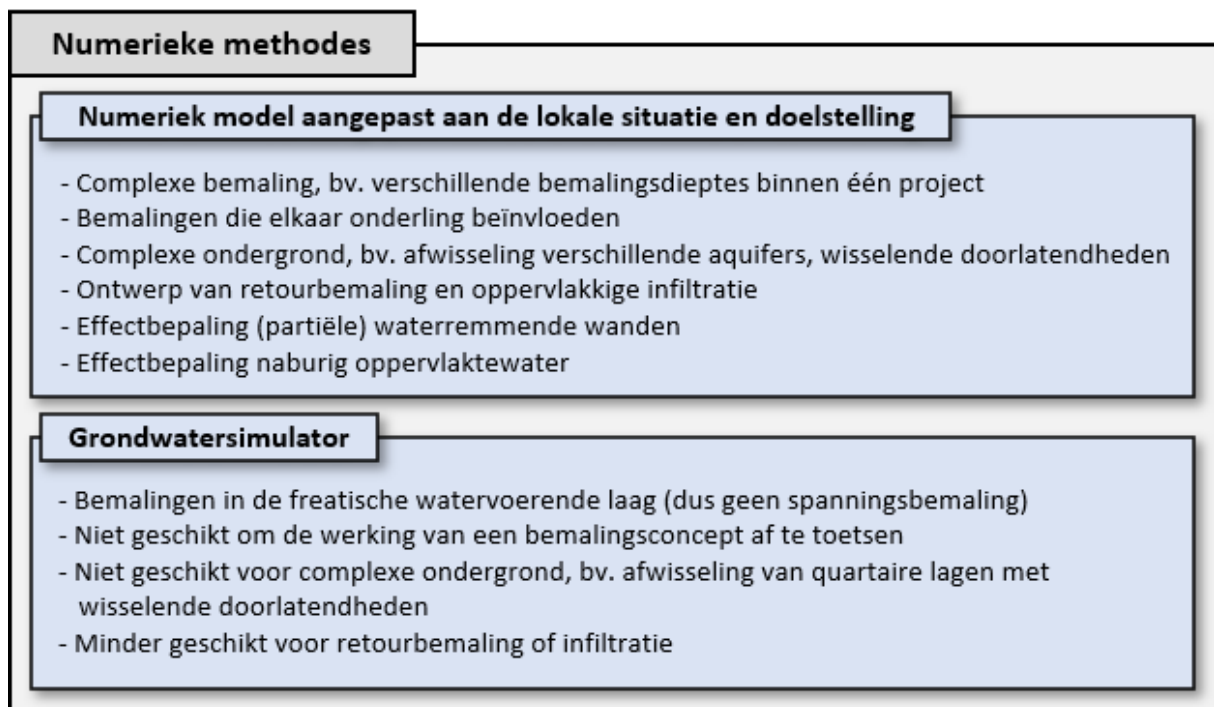
Gespannen grondwater

Formule van De Glee
Hoge weerstand afsluitende laag

Formule van Hantush
Hoge weerstand afsluitende laag

Formule van Theis
Voeding door elastische berging

+ analytische formules voor meerlagige systemen zoals MWell en MLU



3 Niveaus van impactbepaling

Bij het opstellen van een bemalingsstudie moet voor de impactbepaling van een bemaling de keuze gemaakt worden wie de berekening uitvoert en welke rekenmethode toegepast wordt. Om een houvast te bieden aan bouwheren, aannemers en andere betrokken partijen werd een richtinggevend kader opgesteld (Figuur 7), waarbij met drie niveaus van complexiteit bij impactbepaling wordt gewerkt:

- Het eerste niveau betreft een **Basistoets** waarbij een persoon of instantie met basiskennis van grondwater¹² door middel van een voorgeprogrammeerd rekeninstrument (bv. analytisch rekeninstrument¹³ of numerieke rekentool) een inschatting kan uitvoeren van het debiet en de invloedsstraal. Bij deze tools wordt de hydrogeologische setting meestal sterk vereenvoudigd. Deze inschatting gebeurt conservatief, minstens door te rekenen met een hoge grondwaterstand. De basistoets is enkel bruikbaar bij een vergunningsaanvraag/melding indien er geen risico is voor de omgeving.
- Indien na de basistoets blijkt dat er een risico is voor de omgeving of niet voldaan is aan voorwaarden bij het gebruik van het voorgeprogrammeerd rekeninstrument, dan moet overgeschakeld worden naar een **Uitgebreide toets**. Een Uitgebreide toets kan uitgevoerd worden door een grondwateradviseur¹⁴ met een rekenmodel naar keuze, al dan niet voorgeprogrammeerd (bv. de Grondwatersimulator), geschikt om de lokale situatie en de ingreep nauwkeurig te kunnen narekenen. Er wordt gerekend met modelparameters die een conservatieve inschatting geven en de keuze van parameterwaarden wordt gemotiveerd in

¹² Bv. (niet limitatief): architect, bouwheer, milieuambtenaar ...

¹³ <https://vmm.vlaanderen.be/diensten-producten/rekeninstrumenten-bemalingsnota>

¹⁴ Persoon of instantie met een goede kennis van grondwater, grondwateringreepeffecten en een basiskennis van rekentechnieken, bv. (niet limitatief): bemaler, studie bureau milieu, erkende bodemsaneringsdeskundige ...

de studie. Er kan gemotiveerd afgeweken worden van de conservatieve inschatting indien er bv. een lokale proefbemaling werd uitgevoerd. De resultaten kunnen gebruikt worden voor een vergunningsaanvraag/melding indien de impact op de omgeving als niet significant negatief wordt beoordeeld.

- Indien uit een Uitgebreide toets blijkt dat er een significante negatieve impact op de omgeving kan zijn, dan moet een grondwaterexpert¹⁵ een **Experttoets** uitvoeren. Er wordt gewerkt met een rekenmodel dat specifiek aangepast is aan de lokale situatie en doelstelling en dat grondig gekalibreerd is op basis van de beschikbare gegevens. Er wordt een gevoeligheidsanalyse op de modelresultaten uitgevoerd, door modelparameters te variëren binnen een realistische bandbreedte, om zo de onzekerheden op de modelresultaten in beeld te brengen. De resultaten kunnen gebruikt worden voor een vergunningsaanvraag/melding met een risico op significante negatieve effecten op de omgeving, waarbij desgevallend milderende maatregelen mee in rekening genomen worden.

Om te bepalen welk niveau van impactbepaling aangewezen is, wordt gekeken naar de verwachte risico's en mogelijke significant negatieve impact op de omgeving. Ter ondersteuning kan hiervoor het afwegingskader uit Figuur 8 gebruikt worden. Hierbij moet met volgende zaken rekening gehouden worden:

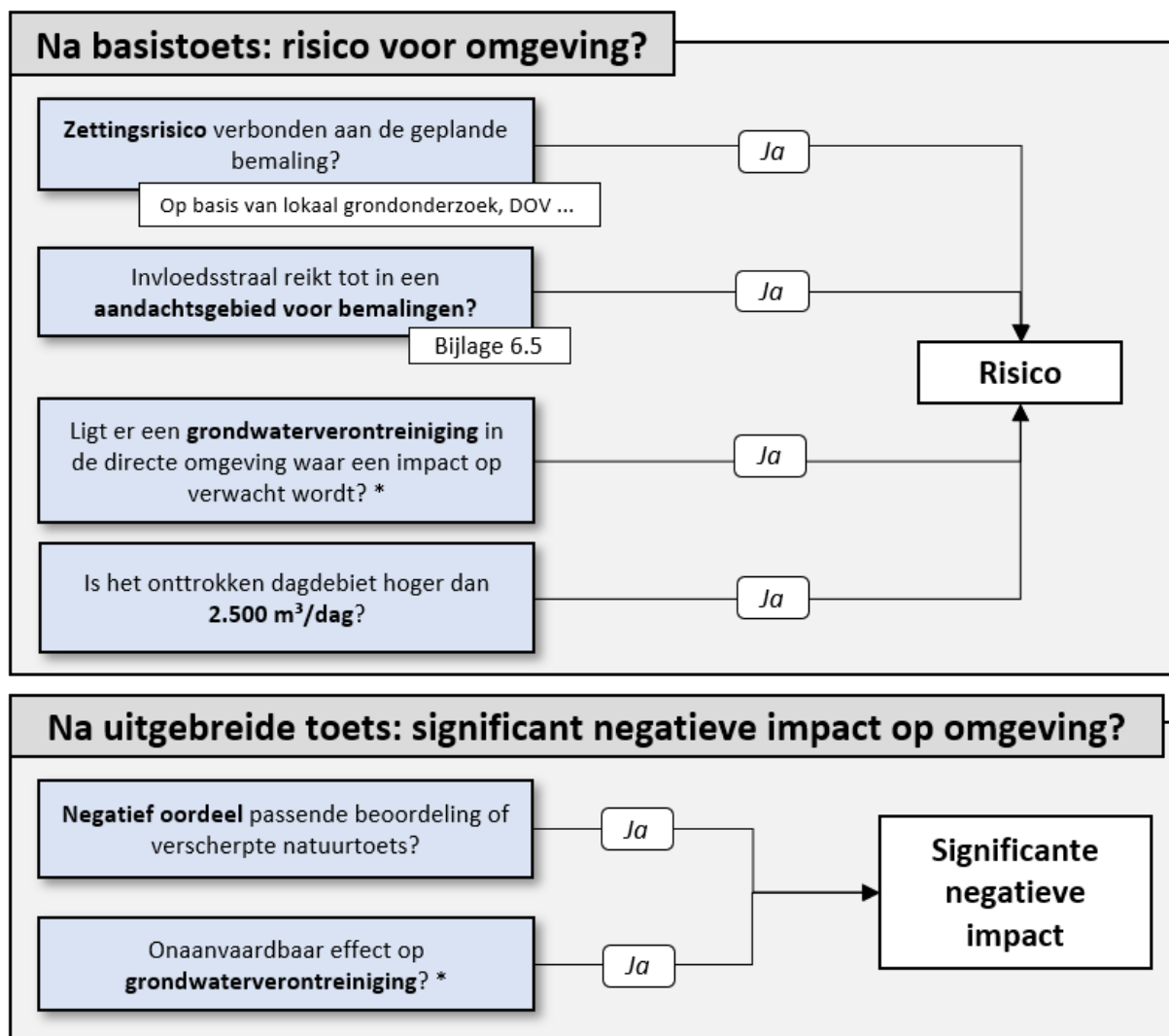
- Er kan steeds gestart worden met een Uitgebreide toets of Experttoets, ook al werd er geen Basistoets uitgevoerd. Als bv. een bouwheer op basis van uitgevoerd grondonderzoek merkt dat er een risico is op schade door zettingen, kan hij/zij een studie bureau inschakelen om een Uitgebreide toets uit te voeren. Idem dito voor de Experttoets.
- Indien uit de resultaten van een Uitgebreide toets blijkt dat er een significant negatieve impact is op de omgeving, dan kunnen er maatregelen worden toegepast (bv. het voorzien van waterremmende wanden). Indien de significant negatieve impact niet meer van toepassing is door de genomen maatregelen, dan hoeft men niet over te gaan naar de Experttoets. Veel bemalingsstudies zullen dan ook in het niveau van uitgebreide toets vallen, waarbij een eventuele significante negatieve impact wordt gemitigeerd. Een experttoets zal eerder relevant zijn voor grotere hydrogeologische studies, bv. voor grondwaterwinningen en drinkwaterwinningen.

Het is van belang in een bemalingsstudie steeds goed te motiveren welk niveau van impactbepaling toegepast werd en voor welke rekenmethode gekozen werd. Tevens moet aangegeven worden of voor de relevante parameters een beste inschatting ('best guess') of een conservatieve waarde is gekozen (zie paragraaf 1.2.2.12).

¹⁵ Persoon of instantie met diepgaande kennis van grondwatersystemen en modellering, bv. MER-deskundige grondwater of erkend grondwatermodeller bij OVAM.



Figuur 7: Schema met de drie niveaus van impactbepaling en de voorwaarden naar uitvoering, gebruikte rekenmethode en toepassing.



* Zie technische richtlijn grondwaterhandelingen opgesteld door OVAM

Figuur 8: Afwegingskader ter bepaling van de impact van een bemaling op de omgeving.

4 Referentielijst

- [a] Leijendeckers, P.H.H. (2010) *Polytechnisch Zakboek*. Reed Business bv. 1984 pp.
- [b] Meyus, Y., Adyns, D., Woldeamlak, S.T., Batelaan, O., De Smedt, F., 2004. *Opbouw van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel*. Eindrapport. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer, Afdeling Water.

Online te consulteren via:
https://www.dov.vlaanderen.be/sites/default/files/pfiles_files/Eindrapport.pdf
- [c] Kruseman G.P., de Ridder N.A., 2000. *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data*, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 377 pp.
- [d] Maas, C., Veling, E., 2010. *Een snelle benadering van de formule van Hantush*, Stromingen 16 (1), 12 pp.
- [e] Essink, G.O., 2000. *Groundwater Modelling*, Utrecht University, 194 pp.
- [f] Anderson M.P., Woessner W.W., 1992. *Applied Groundwater Modeling: Simulation of Flow and Advective Transport*, Academic Press, California, 381 pp.

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.13 – Zettingsberekeningen

In deze bijlage wordt een benadering omtrent zettingsberekeningen uitgelegd, waarbij wordt uitgegaan van een analytische berekening van de absolute zetting d.m.v. de formule van Terzaghi. De bijlage is specifiek opgesteld in kader van zettingen die kunnen ontstaan onder invloed van tijdelijke bemalingen. De inhoud is gedeeltelijk gebaseerd op paragraaf 5.6.3 en bijlage D uit de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009) ^[a], alsook op overleg met betrokken partijen zoals afdeling Geotechniek van het departement MOW.

Inhoudsopgave

1	Theoretische achtergrond	3
2	Berekenen van zettingen	5
3	Risico-inschatting	7
4	Zettingsmonitoring	9
5	Referentielijst	9

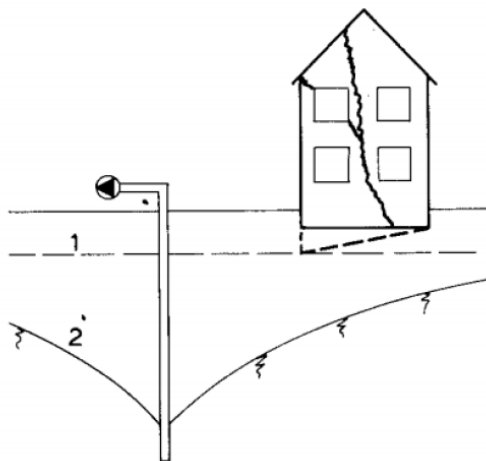
1 Theoretische achtergrond

Zettingen zijn verticale vervormingen van de ondergrond te wijten aan wijzigingen in verticale effectieve korrelspanningen, krimp ten gevolge van ontwatering van plastische gronden, degradatie van organische gronden in contact met de atmosfeer ...

Zettingen die optreden ten gevolge van een wijziging van de effectieve korrelspanning (ten gevolge van een bemaling) zijn een tijdsafhankelijk gegeven dat wordt bepaald door de snelheid waarmee de ondergrond ontwatert. Bij goed gedraineerde gronden, zoals meestal het geval is voor zand- of grindlagen, zal een daling van de grondwaterstand snel optreden over de verschillende lagen, waardoor de overeenkomstige zetting meteen zal optreden. In dit geval is enkel de grootte van de uiteindelijke totale zetting van belang. Minder doorlatende gronden, zoals klei, zullen traag ontwateren, waardoor het tijdsafhankelijk effect van de zettingen wel een belangrijke factor vormt. Niet alleen de uiteindelijke zetting is dus belangrijk, maar ook de evolutie van zettingen in de tijd.

Het is van belang te benadrukken dat het vaak niet de absolute zetting is die zal leiden tot zettingsschade, maar wel de relatieve zettingsverschillen over een constructie (differentiële zetting). Dit kan te wijten zijn aan:

- een heterogeniteit in funderingswijze in de constructie (bv. gedeeltelijke onderkeldering; Figuur 1 rechts);
- een heterogeniteit in grondopbouw ter hoogte van de constructie (Figuur 2);
- een verschil in wijziging van optredende verticale effectieve spanningen (zettingen), bv. omdat de grondwaterverlaging aan één zijde van het gebouw 2 m bedraagt en aan de overstaande zijde slechts 0,5 m (Figuur 1).



Figuur 1: Differentiële zettingen ten gevolge van een verschil in grondwaterverlaging over de lengte van een gebouw (links) en ten gevolge van heterogene funderingen (rechts). Bron: Jan Maertens.



Figuur 2: Relatie tussen differentiële zettingen en de grondopbouw.

Een typisch voorbeeld van heterogeniteit in grondopbouw is de toestand in polderstreken of nabij rivierbeddingen waar plaatselijk veenlagen (met een lage samendrukkingsconstante) afwisselen met zandafzettingen (met een hoge samendrukkingsconstante). Gelijkaardige situaties doen zich voor bij dichtgeslibde rivierbeddingen, aangevulde oude vestigingsgrachten ... Wanneer in de ondergrond veenlagen worden aangetroffen welke een zekere dikte hebben moet men er rekening mee houden dat deze veenlagen op veel plaatsen ontgonnen werden. Daardoor kan de dikte van de veenlaag zeer sterk variëren van plaats tot plaats. Deze ontginningsplaatsen bevonden zich meestal op geringe afstand van de dorps- of stadskernen, en dus op plaatsen welke nu veelal in aanmerking komen voor het inrichten van nieuwe woonwijken of van industriegebieden.

De absolute zettingen die optreden ten gevolge van een toename van de effectieve korrelspanning (en de daarbij optredende ontwatering) kunnen begroot worden met de formule van Terzaghi.

Krimp ten gevolge van de ontwatering van plastische gronden en de degradatie van organische grond kunnen hiermee niet ingeschat worden. Ook zettingen die ontstaan door de verwerking van houten funderingen kunnen niet berekend worden door middel van de formule van Terzaghi. Voor meer informatie over krimp wordt verwezen naar het themaloket 'Plastische Gronden' op DOV¹. Schade door krimp van plastische gronden is voorlopig enkel gedocumenteerd in zones waar tertiaire klei dagzoomt, waarbij de krimp ontstaan is door langdurige droge periodes. De impact van de degradatie van organisch materiaal gedurende een tijdelijke bemaling is moeilijk te begroten, aangezien het niet kan voorspeld worden hoe snel een veenlaag onder invloed van de bemaling zal ontwateren en opdrogen. In elk geval kan dit proces enkel meespelen op locaties waar veenlagen voorkomen, waarbij de dikte van een veenlaag een indicatie vormt voor de maximale zetting die kan ontstaan als het veen volledig opdroogt en vergaat. Indien door de bemaling houten funderingen zouden komen droog te staan, wordt aanbevolen hierover in overleg te gaan met een stabiliteitsingenieur.

¹ <https://dov.vlaanderen.be/page/plastische-gronden>

2 Berekenen van zettingen

Zettingen ten gevolge van een toename van de effectieve korrelspanning kunnen berekend worden door middel van de samendrukkingswet van Terzaghi (Vergelijking 1) en dit op basis van beschikbare sondeergegevens.

$$\text{Vergelijking 1} \quad \frac{\Delta h}{h} = \frac{1}{C} * \ln \frac{\sigma' + \Delta \sigma'}{\sigma'}$$

Met:

- Δh : de samendrukking van de grond over een hoogte h bij een spanningstoename $\Delta \sigma'$;
- h : de hoogte van waarover de samendrukking berekend wordt;
- σ' : de heersende korrelspanning voor aanbrengen van belasting $\Delta \sigma'$;
- $\Delta \sigma'$: spanningstoename;
- C : samendrukkingsconstante; $C = \alpha * q_c / \sigma'$;
- α : alpha-coëfficiënt, afhankelijk van de grondsoort;
- q_c : conusweerstand.

Het zettingsrisico wordt bij voorkeur geëvalueerd op basis van elektrische sonderingen, waarbij naast de conusweerstand ook het wrijvingsgetal wordt weergegeven. Het wrijvingsgetal laat een veel duidelijkere bepaling van de grondtextuur toe. Zettingsgevoelige veenlagen (wrijvingsgetal > 6%) kunnen worden onderscheiden bij elektrische sonderingen (wat bij mechanische sonderingen niet het geval is). Sonderingen worden in functie van zettingsgevaar best uitgevoerd ter hoogte van zettingsgevoelige gronden die zich in de omgeving van de bouwput bevinden. Praktisch gezien is dit meestal niet mogelijk en worden sonderingen uitgevoerd op het te bemalen perceel. Er dient dan een extrapolatie te worden uitgevoerd op basis van de sonderingen, eventueel aangevuld met publiekelijk beschikbare gegevens (bv. DOV). Uiteraard dienen voor de zettingsberekening ook de meest nadelige sonderingen van een uitgevoerd onderzoek gebruikt te worden.

Idealiter wordt bijkomend minstens één hydrogeologische verkenningsboring uitgevoerd, zodat de grondtextuur van de verschillende lagen éénduidig bepaald kan worden. Wanneer deze boring afgewerkt wordt als peilput met peilbuizen in de verschillende watervoerende lagen, kan bovendien een correcte meting van de grondwaterstand in rust bepaald worden.

Enkel de grondlagen waar een grondwaterdaling te verwachten is, dienen meegenomen te worden in de zettingsberekening (bv. een bemaling die uitgevoerd wordt boven de Boomse klei zal een verwaarloosbare grondwaterverlaging creëren in de Boomse klei, de zettingsberekening stopt dan op de top van de Boomse klei). Voor grindafzettingen en tertiaire zanden worden de zettingen berekend tot de diepte waar de toename in effectieve spanning $\Delta \sigma'$ meer dan 20% van σ' bedraagt. Voor alle andere grondsoorten wordt rekening gehouden met 10% van σ' .

Voor de bepaling van de α -waarde en het soortelijk gewicht van de grond (nodig voor het bepalen van spanning in de ondergrond) kunnen de richtwaarden uit Tabel 1 gehanteerd worden.

Tabel 1: Overzicht van richtwaarden ter berekening van de samendrukkingsconstante C bij berekening van zettingen ten gevolge van tijdelijke bemalingen.

Grondsoort	Bijmenging	Pakkingsdichtheid /consistentie	q_c (MPa)	R_f (%)	γ_k boven P.O. (kN/m ³)	γ_k beneden P.O. (kN/m ³)	φ' (°)	c' (kPa)	c_u (kPa)	α (**)
grind*	-	matig dicht	10-20 > 20	< 1 %	18 19	20 21	35 40	0 0	- -	3 3
	leem- of kleihoudend	matig dicht	10-20 > 20	1-2 %	19 20	21 22	32 37	0 0	- -	3.5 3.5
zand	-	los	2-4	< 1 %	16	18	27	0	-	4
		matig	4-10		17	19	30	0	-	4
		dicht	10-15		18	20	32	0	-	3
		zeer dicht	> 15		18	20	35	0	-	3
	leem- of kleihoudend	los	2-4	1-2 %	16	18	25	0	-	2.5
		matig	4-10		17	19	27	0	-	3
		dicht	10-15		18	20	30	0	-	3.5
		zeer dicht	> 15		19	20	32	0	-	3.5
leem	-	weinig vast	0.4-1	2-4 %	17	17	22	0	10	3
		matig vast	1-2		18	18	22	2	25	3
		vrij vast	2-4		19	19	22	4	50	2
		vast	> 4		20	20	22	8	100	2
	zandhoudend	weinig vast	0.4-1	1-3 %	17	17	25	0	10	2
		matig vast	1-2		18	18	25	2	25	2
klei	-	vrij vast	2-4	3-6 %	19	19	25	4	50	3
		vast	> 4		18	18	20	8	100	1.5
					19	19	20	15	200	1.5
	zandhoudend	weinig vast	0.4-1	2-5 %	16	16	22	2	20	2
		matig vast	1-2		17	17	22	4	50	2
veen		vrij vast	2-4	> 6 %	18	18	22	8	100	2.5
		vast	> 4		19	19	22	15	200	3
		weinig vast	0.2-0.5	> 6 %	10	10	15	2	10	0.7
		matig vast	0.5-1		12	12	15	5	20	0.7
		vast	> 1		14	14	15	10	40	1.5

(*) Voor grind ter plaatse ; voor aangevuld grind wordt $\phi'_k = 35^\circ$ aangenomen.
Voor tijdelijke constructies kan een beperkte cohesie worden aangenomen mits duidelijke verantwoording en afspraken m.b.t. de controle ervan.
(**) Voor het berekenen van zettingen volgens Terzaghi, kan bij gebrek aan oedometerproeven, de samendrukkingsconstante berekend worden uitgaande van $q_c : C = \alpha q_c / \sigma'_v$

De samendrukkingsconstante C wordt standaard bepaald op basis van de conusweerstand q_c uit sonderingen in combinatie met een α -waarde die kan afgeleid worden uit Tabel 1². De samendrukkingsconstante C kan echter ook meer nauwkeurig bepaald worden door samendrukkingsproeven uit te voeren in een laboratorium, al is dit enkel aan te raden voor cohesieve gronden (bv. klei, leem ...). Bij zandige gronden wordt de grondtextuur verstoord bij de staalname waardoor de samendrukkingsproeven minder representatief zijn.

De samendrukkingsconstante C in de formule van Terzaghi mag gewijzigd worden door een herbelastingsconstante A zolang de optredende verticale korrelspanning op een punt lager is dan wat deze historisch ooit geweest is. De verticale korrelspanning kan in het verleden hoger geweest zijn door:

- een geologische voorbelasting; dit is enkel van toepassing op tertiaire grondlagen waarop voorheen een dik pakket grond gelegen heeft dat in het verloop der geologische tijden weg geërodeerd is;
- grondwaterverlagingen welke zich in het verleden reeds hebben voorgedaan (bv. seizoenale grondwatervariëaties of eerdere bemalingen, te staven met effectieve metingen of duidelijke argumenten).

² Op basis van specificaties uit het standaardbestek 260 (versie 3.0; SB260-31-6.4.10.1) kunnen meer genuanceerde waarden voor alpha worden afgeleid op basis van specifieke grondsoort en conusweerstand.

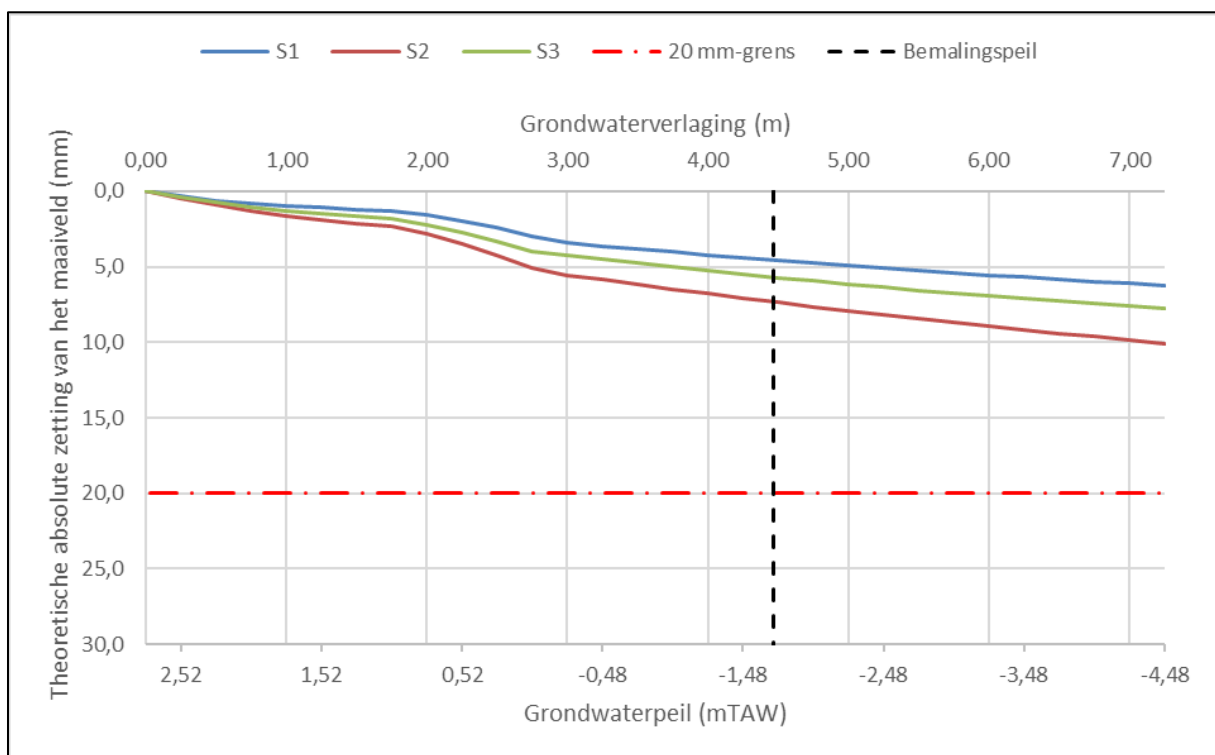
Er kan gesteld worden dat, conform de bepalingen uit het standaardbestek 260:

- $A = 2,5 \cdot C$ voor zand en grind;
- $A = 3 \cdot C$ voor alle andere grondsoorten.

Het effect van voorbelasting van de grond is vaak aanzienlijk in de berekende zettingen. Het is dus van belang dat dit wordt meegenomen in de berekeningen. Gezien de zettingsgevoeligheid van veen, waar naast zettingen ten gevolge van spanningsveranderingen in de ondergrond ook zettingen kunnen optreden ten gevolge van ontwatering en oxidatie (zie paragraaf 1), wordt echter aanbevolen voor veen steeds met de samendrukkingsconstante C te rekenen en geen herbelastingsconstante A toe te passen.

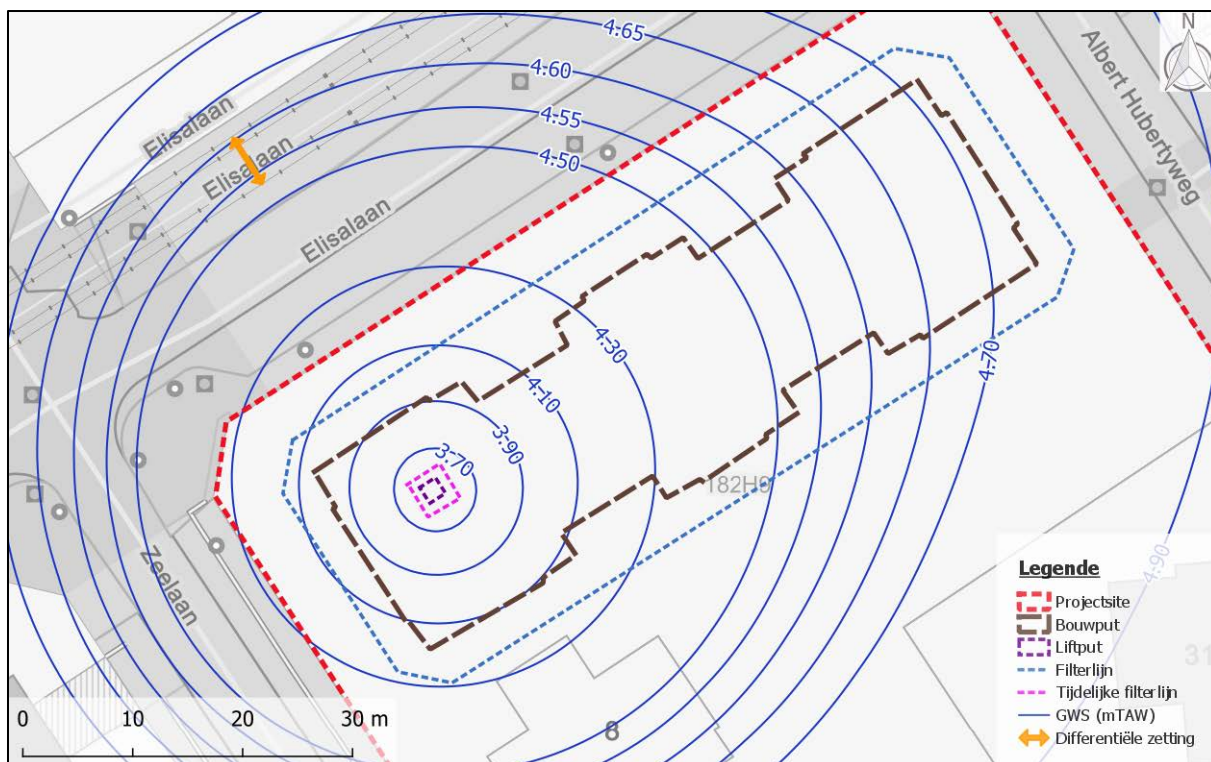
Bij voorkeur worden de te verwachten grondwaterverlagingen, welke gebruikt worden om de verticale korrelspanningen te berekenen, gesimuleerd in een numeriek 3D grondwatermodel (zie [bijlage 6.12](#)). Indien sterke vervallen van grondwaterverlagingen optreden over waterremmende lagen dienen deze overeenkomstig in de formule van Terzaghi te worden opgenomen.

Het resultaat van de berekening van absolute zettingen op basis van de formule van Terzaghi wordt idealiter grafisch weergegeven, zodat het verloop van het zettingsgedrag bij een stijgende grondwaterverlaging afgelezen kan worden (Figuur 3).



Figuur 3: Visuele weergave van theoretisch berekende absolute zettingen voor 3 sonderingen ten opzichte van de grondwaterverlaging. Bij het beoogde bemalingspeil bedragen de theoretische absolute zettingen ca. 4 à 7 mm.

De differentiële zetting tussen twee punten wordt berekend op basis van de totale absolute zettingen ter hoogte van deze twee punten. De differentiële zetting moet steeds berekend worden over een afstand loodrecht op de grondwaterverlagingcontouren, om een *worst case* inschatting te bekomen van het risico op schade (Figuur 4).



Figuur 4: Illustratie van de berekeningswijze van de differentiële zetting ter hoogte van tramsporen langs een geplande werf. De afstand waarover de differentiële zetting berekend wordt, moet steeds loodrecht staan op de grondwaterverlagingscontouren.

3 Risico-inschatting

Als algemene richtwaarden voor maximaal toegestane zettingen worden volgende grenswaarden vooropgesteld:

- De totale absolute zettingen van het maaiveld, veroorzaakt door de grondwaterverlaging, mogen ter hoogte van zettingsgevoelige constructies niet meer dan 20 mm bedragen.
- Ter hoogte van spoorwegen mogen de totale absolute zettingen van het maaiveld, veroorzaakt door de grondwaterverlaging, niet meer dan 15 mm bedragen.
- De differentiële zetting tussen 2 punten, gelegen op een tussenafstand van 5 m, dient zodanig beperkt te blijven dat de hellingshoek van de zettingscurve kleiner is dan $1/1.000^3$.

Op basis van deze richtwaarden dient de ontwerper van de bemaling een risico-inschatting uit te voeren om te evalueren of er effectief een gevaar is op zettingen in de omgeving van de bouwput. Hierbij geldt als belangrijkste maatstaf dat er geen schade mag ontstaan aan omliggende infrastructuur. Er moet immers rekening gehouden worden met artikel 5.53.1.3. van VLAREM II waarin staat dat de exploitant van een grondwaterwinning alle voorzorgen neemt teneinde schade aan onroerende goederen binnen de invloedstraal van de grondwaterwinning te vermijden⁴.

Een absolute zetting van 20 mm, berekend voor een verlaging van 5 m in een voornamelijk

³ Deze waarde wordt aangenomen als toelaatbare hoekrotatie om constructies stabiel en bruikbaar te houden. Een soepelere waarde kan enkel gehanteerd worden indien dit kan onderbouwd worden op basis van informatie over de desbetreffende constructies (bv. kennis over de funderingswijze).

⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19065&woLang=nl>

zandhoudende grond, levert uiteraard niet dezelfde risico-inschatting op als een absolute zetting van 20 mm, berekend voor een verlaging van 1 m in een veenhoudende grond.

Het is aan de ontwerper om aan te geven of de noodzaak zich opdringt om:

- bijkomende proeven uit te voeren, zoals bv. een proefbemaling met zettingsmetingen (zie [bijlage 6.3](#));
- invloedswerende maatregelen te voorzien zoals bv. waterremmende wanden, retourbemaling ...

Om tegemoet te komen aan artikel 5.53.1.3. van VLAREM II³, wordt aanbevolen de werkelijk optredende zettingen steeds te monitoren gedurende de bemaling indien er zettingsgevoelige gronden ontwaterd kunnen worden (zie [bijlage 6.16](#)).

Verder verdienen volgende situaties bijzondere aandacht:

- aanpalende gebouwen met verschillende funderingswijze, bv. één gebouw op staal gefundeerd (zolen of algemene funderingsplaat) en een ander op putten of palen gefundeerd gebouw;
- gebouwen met diep gefundeerde structuur en vlottende vloer op volle grond;
- gebouwen met houten funderingen;
- zeer rotatiegevoelige slanke constructies, bv. een mast die zich in de zone van sterke kromming van de verhanglijn bevindt;
- constructies met een zettingsgevoelig of rotatiegevoelig productieproces;
- zettings- of rotatiegevoelige hydraulische constructies, bv. een zwembad, een bekken van een zuiveringsstation ...;
- hyperstatische constructies, bv. een hyperstatische brugconstructie.

4 Zettingsmonitoring

Voor meer informatie over het monitoren van zettingen tijdens een bemaling of tijdens een proefbemaling wordt verwezen naar [bijlage 6.16](#).

5 Referentielijst

- [a] Van Calster P., De Cock F., De Vos M., Maertens J., Van Alboom G., 2009. *Richtlijnen Bemalingen*, Werkgroep Bemalingen, 74 pp.

Bijlage 6.14 - Meetstaat mogelijke posten bij een bemaling

Opgelet, indien er in opdrachtdocumenten verwezen wordt naar een meetstaat uit het Standaardbestek 260, verdient de meetstaat uit het Standaardbestek 260 voorrang.

Omschrijvingen		Gebruikelijke eenheid
1	Voorbereidende werken	
*	opstellen bemalingsplan rekening houdend met eventuele bijzondere voorwaarden uit vergunning/melding	FF
*	terrein bereikbaar en berijdbaar maken (eventueel een voorafgraving uitvoeren, nivelleren, rijplaten plaatsen ...)	FF
*	voorzien van werkwater om boringen uit te voeren (via standpijp)	m³
2	Aan en afvoer van materieel	
*	aan- en afvoer boortoren/spuitstelling/draineermachine	interventie
*	aan en afvoer van een watercitern	interventie
3	Installatie van filterbemaling	
*	plaatsen van omtrekbemaling inclusief plaatsing pompen	FF
*	plaatsen van lijnbemaling inclusief plaatsing pompen	m
*	het ter beschikking stellen van zuigerpompen met aanhorigheden (pompen, leidingen, electriciteitskabels, ontluichtingsbak ...)	FF/dag of dag/pomp
4	Installatie van een bemaling met dieptebron(nen)	
*	plaatsen van de volledige installatie (boren van putten, hangen van pomp, plaatsen van afvoer ...)	FF
*	plaatsen van een dieptebron	stuk
*	uitrusten van een dieptebron met een onderwaterpomp, incl. aanhorigheden (leidingen, werfkasten ...)	stuk
*	leggen van een verzamelcollector	m
*	het ter beschikking stellen van onderwaterpompen met aanhorigheden (pompen, leidingen, electriciteitskabels, ontluichtingsbak ...)	FF/dag of dag/pomp
5	Installatie van een drainage	
*	trekken van een intieële bemalingsdrain of plaatsen van een andere initiële bemaling voor het droog uitgraven van de sleuf van de collectordrain	m
*	plaatsen van een collectordrain	m
*	trekken van drainageleidingen (tot aan de collectordrain of voor individuele aansluiting op pompen)	m
*	aanvullen van de draineersleuf met zandaanvulling (zand, graafkraan, dumpers)	m
*	aansluiten van de drainageleidingen op de collectordrain	stuk
*	leveren en plaatsen van een pompput	FF
*	het ter beschikking stellen van zuigerpompen met aanhorigheden (pompen, leidingen, electriciteitskabels ...)	FF/dag of dag/pomp
*	het ter beschikking stellen van dompelpomp in een pompput	dag/pomp
6	Peilbuizen	
*	plaatsen van een peilbuis in combinatie met de bemaling, binnen de bouwput	stuk
*	plaatsen van een peilbuis niet in combinatie met de bemaling (extra verplaatsing noodzakelijk), binnen de bouwput	stuk
*	plaatsen van een peilbuis in stedelijke omgeving, niet binnen de bouwput, incl. straatpot	stuk
*	plaatsen van een peilbuis in niet stedelijke omgeving, niet binnen de bouwput, incl. straatpot	stuk
7	Bedrijfszekerheid van de bemaling	
*	stroomvoorziening (bv. generator) en verbruik	dag
*	automatisch startend noodstroomaggregaat	week/aggregaat
*	interventies (bv. regeneratie) en stilstandskosten	uur
8	Herbestemming bemalingswater	
	Weer in de ondergrond brengen van het bemalingswater	
*	plaatsing collector tussen bemaling en retourbemaling/infiltratievoorziening	m
*	plaatsing retourbemaling	bron
*	aanleggen infiltratievoorziening	FF
*	ter beschikking stellen van de retourinstallatie	dag
*	toezicht onderhoud en afregeling van de retourinstallatie	week
	Andere lozingsmogelijkheden met financiële gevolgen	
*	voorzien van afvoerleiding indien afstand tot lozingspunt groter dan X m	m
*	voorzien van extra pompcapaciteit indien afstand tot lozingspunt groter dan 150 à 200 m of voor overbruggen via luchtbrug	stuk
*	voorzien van een luchtbrug (bv. constructie door middel van stellingen) met overspanning van maximaal X m	stuk
*	voorzien van gelijkgrondse passage (bv. voor trage doorgang)	stuk
*	lozing in DWA, heffing	m³
*	voorzien van een buffercontainer voor het ter beschikking stellen van bemalingswater aan omwonenden	stuk
9	Monitoring	
	Installatie	
*	installatie mechanische debietmeters incl. technisch dossier	stuk
*	installatie van elektromagnetische debietmeters incl. technisch dossier	stuk
*	installatie van ultrasone debietmeters incl. technisch dossier	stuk
*	installatie automatische peilsturing	stuk
*	installatie telefoonalarm	stuk
*	installatie dataloggers	stuk
*	het plaatsen van zettingsbakens	stuk
	In monitoringsfase	
*	het ter beschikking stellen van een mechanische debietmeter	dag/meter
*	het ter beschikking stellen van een elektromagnetische debietmeter	dag/meter
*	het ter beschikking stellen van een automatische peilsturing	dag
*	het ter beschikking stellen van een telefoonalarm	dag
*	het ter beschikking stellen van dataloggers	dag/logger
*	het inmeten van zettingsbakens	meetronde
*	het uitvoeren van een staalname en -analyse van het bemalingswater conform WAC/I/A/007	staalname
*	het toegang verlenen tot een digitaal monitoringsplatform waarop de monitoringsdata kunnen geraadpleegd worden	dag
*	verwerking meetgegevens en rapportage	FF
10	Zuivering van het bemalingswater	
	specifieke posten met betrekking tot zuivering zijn project-specifiek en kunnen niet generiek worden vastgelegd	
11	Nazorg	
*	het opvullen van bronnen conform de CVGP	bron
*	het verwijderen van filters, herboren van de gaten en opvullen van de gaten conform de richtlijn bemalingen	filter
*	het opvullen van drains conform de richtlijn bemalingen	m
*	het correct afwerken van peilputten conform de richtlijnen bemalingen	stuk
12	Studie	
*	Bemalingsstudie op basis van analytische formules, conform aan de richtlijnen bemalingen	FF
*	Bemalingsstudie met inbegrip van een 3D numerieke modellering, conform aan de richtlijn bemalingen	FF
*	Uitvoeren van bijkomende simulaties in een reeds opgesteld numeriek model	stuk
*	Handtekening-klaar maken van een melding (klasse 3) in het omgevingsloket	FF
*	Handtekening-klaar maken van een klasse 2 aanvraag in het omgevingsloket	FF
*	Handtekening-klaar maken van een klasse 1 aanvraag in het omgevingsloket	FF
*	Opstellen van een project-MER	FF
*	Opstellen van een algemene natuurtoets, verscherpte natuurtoets, passende beoordeling	FF
*	Kwalitatieve controle van een bemalingsstudie opgesteld door een derde partij	FF

Bijlage 6.15: INVULFICHE NIET-INGEDEELDE BEMALING

Administratieve gegevens				
* projectnaam				
* adres				
* XY-coördinaten (Lamb. 72)	X:		Y:	
* bouwheer				
* opsteller bemalingsconcept				
Basisgegevens uitgraving				
* type uitgraving	(bv. nutsvoorzieningen, archeologie, regenwaterput, herstelling ...)			
* maaiveldpeil	mTAW			
* uiterste afmetingen te bemalen zone	lengte: (m)		breedte: (m)	
* uitgravingsdiepte	m-mv Maximaal 3,5 m-mv!			
Grondwaterstand				
* peilmeting beschikbaar?	ja / neen			
* grondwaterstand	mTAW			
Debiet, volume en invloedsstraal				
* berekeningswijze debiet	analytische berekening / numerieke modellering			
* initiële bemalingsdebiet	m³/u		m³/d	Moet bruto < 1.000 m³/d zijn!
* Invloedsstraal	0,05 m verlaging op meter afstand van de bouwput			
* stationair bemalingsdebiet	m³/u		m³/d	
* te lozen volume	m³		Moet bruto < 10.000 m³/jaar zijn!	
Bestemming van het bemalingswater (aftoetsing bemalingscascade)				
* kwaliteit van bemalingswater geschikt voor weer in de ondergrond brengen?	ja / neen / onbekend			
* retourbemaling mogelijk?	ja / neen	waarom niet ?		
* infiltratie mogelijk?	ja / neen	waarom niet ?		
* nuttig hergebruik mogelijk?	ja / neen	waarom niet ?		
* oppervlaktewater (al dan niet onrechtstreeks) bereikbaar met leiding van 200 m?	ja / neen			
* lozingsmogelijkheden	oppervlaktewater / RWA / DWA of gemengde riolering			
	Bij DWA of gemengde riolering: saneringscontract Aquafin: aangevraagd / ontvangen			
Evaluatie zettingen				
* is er een risico op schade door zettingen?	ja / neen			
* indien ja, welke maatregelen worden genomen?				
* op welke manier werd het zettingsrisico ingeschat?				
Planning				
* duur bemaling	dagen Maximaal 14 kalenderdagen!			
Monitoring				
Debietmetingen				
* meternummer en type				
* frequentie debietmetingen				
Zettingsmetingen				
* aantal zettingsbakens				
* frequentie zettingsmetingen				

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.16 – Kwalitatieve elementen van monitoring

Deze bijlage geeft een overzicht van de kwalitatieve elementen waarmee rekening moet gehouden worden bij de monitoring van parameters zoals de grondwaterstand, het debiet, zettingen en de kwaliteit van het bemalingswater.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Metingen van de grondwaterstand	3
3	Debiet	5
4	Zettingsmetingen	9
4.1	Overzicht verschillende types zettingsbakens	10
4.2	Verloop van een meetcampagne	11
4.3	Scheurmetingen.....	11
5	Kwaliteit van het bemalingswater	13
6	Impact op natuur binnen de invloedsstraal	14
7	Impact op mobiele grondwaterverontreinigingen binnen de invloedsstraal.....	14
8	Referentielijst	16

1 Inleiding

Elke bemaling heeft als doel een grondwaterverlaging te realiseren om een werk te kunnen uitvoeren, daarbij ook de milieu-impact te minimaliseren én te voldoen aan de regelgeving. Het logboek en de aanwezigheid van voldoende en functionele hulpmiddelen (debietmeetopstelling, peilputten ...) is een verplichting die toelaat de correcte exploitatie aantoonbaar te maken aan de toezichthouder. Naast deze monitoring in het kader van vergunning en milieuaspecten is er ook monitoring omwille van de goede werking van een installatie.

De monitoring van een bemaling bestaat uit verschillende aspecten. Enkele daarvan zijn wettelijk verplicht en gelden in het algemeen voor elke bemaling zoals het meten van het bemalingsdebiet. Voor ingedeelde bemalingen is ook de plaatsing van een peilput verplicht. Als er sprake is van potentieel verontreinigd bemalingswater, is ook een bemonstering en analyse van het bemalingswater vereist. In [bijlage 6.8](#) paragraaf 4 wordt een overzicht gegeven van de sectorale voorwaarden die gelden voor de monitoring van een bemaling (ingedeeld of niet ingedeeld), een pompproef of proefbemaling en de lozing van bemalingswater.

Daarnaast kunnen er monitoringsvoorwaarden gelden die van toepassing zijn voor specifieke situaties en projecten, denk hierbij aan monitoring van zettingen, monitoring van de impact van een bemaling op grondwaterverontreinigingen, verzilting of kwetsbare natuur binnen de invloedsstraal van de bemaling. Deze specifieke voorwaarden hangen samen met het gekozen bemalingsconcept en moeten door de ontwerper in de bemalingsstudie worden opgelijst.

Naast de monitoringsvoorwaarden die wettelijk verplicht zijn en de specifieke monitoringsvoorschriften die uit de bemalingsstudie moeten blijken, kunnen via de bijzondere milieuvoorwaarden bij een vergunning of aktenaam nog bijkomende monitoringseisen opgelegd worden.

De monitoringsdata moet -tenzij anders vermeld in de bijzondere milieuvoorwaarden- steeds beschikbaar zijn op de werf, ofwel fysiek in een logboek ofwel digitaal, zodat de toezichthouder bij werfcontrole ook de monitoringsgegevens kan raadplegen. Er bestaan online monitoringplatformen waarop alle monitoringsgegevens gebundeld kunnen worden en in *real time* geraadpleegd kunnen worden door de verschillende betrokken partijen. Dergelijke monitoringplatformen kunnen dan dienen als digitaal logboek.

2 Metingen van de grondwaterstand

Vermits bemalingen als doelstelling hebben het tijdelijk beheersen van de grondwaterstand tijdens een bouwproces, is de grondwaterstand per definitie één van de belangrijkste variabelen die het voorwerp is van monitoring en dit zowel voor, tijdens, als na de bemalingsperiode.

De grondwaterstand wordt gemonitord om te controleren (1) of de beoogde bemalingspeilen bereikt worden en (2) of er niet te diep wordt afgepompt. Indien er bij een spanningsbemaling een risico is op opbarsten van de bodem van de bouwput of sleuf, is een monitoring van de grondwaterstand in de bewuste spanningslaag noodzakelijk. Dit moet duidelijk opgenomen worden in de bemalingsstudie, waarbij ook de alarmpeilen vermeld moeten worden waarbij de spanningsbemaling moet opgestart worden.

Grondwaterstanden worden bijna altijd in peilputten gemeten. Hoe, waar en wanneer ze gemeten

moeten worden, hangt af van de minimale wettelijke vereisten (zie onder), de hydrogeologische situatie, de risico's die aan de bemaling verbonden zijn en het bemalingsconcept. Het is dus aan de ontwerper van de bemaling om de noodzakelijke monitoring van de grondwaterstand te ontwerpen.

Metingen van de grondwaterstand dienen tijdig opgestart te worden, voor aanvang van de bemaling, om een referentie te bekomen van de grondwaterstand in rust. Idealiter worden ze gedurende een langere periode voor aanvang van de bemaling opgemeten om seizoensvariaties in kaart te brengen. De metingen lopen door na het uitschakelen van de installatie om een beeld te krijgen op het herstel van de grondwaterstand. Hoe lang de metingen moeten doorlopen, wordt door de opsteller van het bemalingsconcept bepaald. Minimaal worden de metingen 2 dagen aangehouden na uitschakelen. Om het volledig herstel van de grondwaterstand te kunnen monitoren, dienen de metingen langer te worden aangehouden. Zie ook **bijlage 6.3** paragraaf 2.4¹.

Het minimaal aantal peilputten dat moet voorzien worden in kader van de monitoring van de bemaling in uitvoering is wettelijk vastgelegd (**bijlage 6.8**). Er wordt per bemaling minimaal één peilput geplaatst met een filterstelling in de watervoerende laag waarin de verlaging beoogd wordt². Die peilput wordt op een zodanige locatie geplaatst dat de peilput representatief is voor het opvolgen van de gewenste grondwaterpeilverlaging en gebruikt kan worden voor de automatische sturing. Voor bouwputten is deze locatie meestal centraal in de bouwput, of ter hoogte van het diepste gedeelte van de bouwput. Bij bouwputten met een omtrek van meer dan 150 meter wordt één bijkomende peilput geplaatst per bijkomende begonnen schijf van 150 meter. Bij lijnbemalingen wordt minimaal één peilput per 400 meter traject geplaatst. Voor een open bemaling moet afgewogen worden of het plaatsen van een peilput relevant kan zijn, bv. voor het opmeten van de grondwaterverlaging in de omgeving.

Een automatische peilsturing om te vermijden dat er te diep wordt afgepompt is wettelijk verplicht voor ingedeelde bemalingen³. Deze sturing dient te gebeuren aan de hand van het peil in de peilputten of in de pompput of verzamelput bij bv. een open bemaling. Het bemalingspeil wordt per bouwphase bepaald en de regeling van de peilsturing wordt bijgesteld in functie van de vordering van de bouwwerken. Voor meer informatie over peilsturing wordt verwezen naar **bijlage 6.9**.

De resultaten van de metingen worden steeds opgenomen in het logboek (fysiek of digitaal), uitgedrukt in mTAW of in m-mv. De data van loggers wordt verwerkt in een grafiek die wordt opgenomen in het logboek. Eventueel kan in het logboek een verwijzing of link worden toegevoegd naar de webpagina waar de metingen kunnen worden opgevolgd.

Als de bemaling wordt uitgevoerd binnen waterremmende wanden is het belangrijk dat ook het grondwaterpeil buiten de wanden wordt opgevolgd in daarvoor bedoelde peilputten. Waterremmende wanden worden vaak gebruikt om de invloed van de bemaling te beperken en grondwaterverlagingen buiten de bouwput te vermijden. Tijdens de uitvoering dient de goede werking van de wand dan ook gecontroleerd te worden aan de hand van deze peilmetingen.

Voor het kwalitatief plaatsen van peilbuizen moet rekening gehouden worden met enkele voorwaarden, die toegelicht worden in paragraaf 2.3 van **bijlage 6.3**. Bijkomend zijn nog onderstaande zaken van belang:

¹ Voor het uitvoeren van peilmetingen kunnen ook de technische bepalingen uit het standaardbestek 260 (260-32-2.7.1) geraadpleegd worden.

² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

³ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

- Het plaatsen van peilputten in kleilagen is weinig zinvol; het water dat erin staat en dus ook de grondwaterstand kan van toevallige oorsprong zijn, en staat dikwijls niet in relatie tot de waterspanning in de kleilaag zelf. In kleilagen worden dus best waterspanningsmeters aangebracht indien men relevante gegevens wil bekomen, bv. in functie van de ontwatering van de klei.
- Peilputten moeten voldoende worden beschermd. Bij kortlopende werven volstaat het om ze goed zichtbaar op te stellen en met een tijdelijke omheining af te schermen; bij langlopende projecten dienen ze beschermd te worden door een gelijkgrondse straatpot of bovengrondse beschermkoker met afsluitbaar deksel, in een sokkel van zandcement.
- Voor het buiten gebruik stellen van peilbuizen wordt verwezen naar paragraaf 4 in zie [bijlage 6.19](#).

Voor meer informatie over het plaatsen van peilbuizen, wordt verwezen naar een instructiefilm opgesteld door Buildwise en Afdeling Geotechniek⁴.

3 Debiet

Conform de sectorale milieuvoorwaarden van VLAREM II (afdeling 5.53.3.⁵) moet elke grondwaterwinning, en dus ook elke bemalingsinstallatie, uitgerust worden met een meetinrichting. In praktijk betreffen deze meetinrichtingen bij bemalingen voornamelijk mechanische of elektromagnetische (EM) debietmeters⁶. Ook voor niet ingedeelde bemalingen is het voorzien van een debietmeter verplicht⁷. EM-meters zijn duurder in aanschaf en hebben bijkomend een externe- of batterijstroomvoorziening nodig. De meetresultaten zijn echter betrouwbaarder. Ze kunnen desgevallend worden uitgerust met een automatische logging en online registratie, waardoor het mogelijk wordt het debiet en volume op te volgen vanop afstand. De resultaten van de debietmetingen kunnen geïntegreerd worden op een online monitoringplatform waarop ook de grondwaterpeilen kunnen geraadpleegd worden.

De bemalingspompen en debietmeters worden geplaatst door een boorbedrijf dat erkend is volgens het VLAREL van 19 november 2010 voor de discipline bemalingen⁸. Dit geldt tevens voor niet ingedeelde bemalingen⁹. Uiterlijk de derde werkdag nadat een bemalingspomp is geplaatst, bezorgt het erkende boorbedrijf van elke debietmeter het merk en serienummer alsook het tijdstip van plaatsing en de tellerstand op het moment van plaatsing via een webapplicatie van de Databank Ondergrond Vlaanderen. Bij het ontmantelen van de bemalingsinstallatie bezorgt het erkende boorbedrijf uiterlijk de derde werkdag na de ontmanteling het tijdstip van de ontmanteling en de tellerstand op het moment van de ontmanteling via een webapplicatie van de Databank Ondergrond Vlaanderen.

Het debiet van elke bemalingsstroom moet bepaald kunnen worden. Dit wil zeggen dat zowel het lozingsdebiet, maar ook het bemalingsdebiet dat weer in de ondergrond gebracht wordt of hergebruikt

⁴ [COOCK Grondwaterbeheersing - Installatie van peilbuizen](#)

⁵ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19070&woLang=nl>

⁶ Ook ultrasone debietmeters worden toegepast bij bemalingen.

⁷ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91666&woLang=nl>

⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=78232&woLang=nl>

wordt afzonderlijk bepaald moet kunnen worden zodat het bruto en netto volume hiervan afgeleid kan worden. Bv. het onttrekkingsdebiet en het debiet dat geloosd wordt, worden voorzien van een debietmeter. Uit deze 2 stromen kan dan het geretourneerde volume berekend worden. Ook per watervoerende laag moet het volume bepaald kunnen worden.

De minimale monitoringfrequentie van de opgepompte en (indien van toepassing) weer in de ondergrond gebrachte debieten is wettelijk vastgelegd¹⁰. De tellerstand van elke debietmeter wordt gedurende de eerste vijf werkdagen na opstart van de bemaling en vervolgens wekelijks geregistreerd¹¹. Los van deze wettelijke verplichting is het aanbevolen om bij elke wijziging van het bemalingspeil opnieuw gedurende de eerste vijf werkdagen dagelijks de tellerstand te registreren.

De debietmeters moeten geplaatst, periodiek gecontroleerd en onderhouden worden volgens de CVGP voor installatie, onderhoud en controle van meetinrichtingen voor opgepompt grondwater¹². Een aantal aandachtspunten hierbij zijn de volgende:

- Het is essentieel dat de leiding waarop de debietmeter staat steeds volledig met water gevuld is en dus geen lucht bevat. Daarom moet er stroomopwaarts van de debietmeter steeds een geschikt ontluchtingssysteem geplaatst/geïnstalleerd zijn. Het bemalingswater kan op verschillende manieren ontluicht worden: ontluchting op de pomp, ontluchtingsbak, ontluchtingsventiel, snelontluchter ...¹³
- Om de aanwezigheid van lucht in het leidingnetwerk te controleren kan in sommige omstandigheden een eenvoudige proef op het terrein worden uitgevoerd. De afvoerleiding moet hiervoor onderin een emmer of vat geplaatst worden waarna men de emmer of het vat laat overlopen. Bij onvoldoende ontluchting kunnen er visueel luchtbellen in het overstromende water worden waargenomen. In dat geval moet er een meer toereikende ontluchtingsmethode voorzien worden. Het uitvoeren van een dergelijke proef is enkel mogelijk indien er niet met stijve HDPE leidingen gewerkt wordt en indien het debiet niet te hoog is.

Om te zorgen dat elke leiding waarop een debietmeting gebeurt steeds vol water loopt, zijn er enkele aandachtspunten naargelang het bemalingsconcept:

- **Voor debietmeters op onderwaterpompen.** Zorg ervoor dat de onderwaterpompen geen lucht happen. Als er meerdere bronnen op een verzamelleiding zijn aangesloten, zorg ervoor dat deze leiding op de hoogste punten ontluicht wordt, vooraleer het water de debietmeter bereikt. Het water kan ook eerst opgevangen worden in een open verzamelbak waar het ontluicht¹⁴. De verzamelbak loopt leeg doorheen een sifon. De debietmeter wordt geïnstalleerd tussen de sifon en de verzamel/ontluchtingsbak;
- **Voor debietmeters op vacuümpompen.** Vacuümpompen in bemalingssituaties (bv. zuigerpompen) verpompen zelden een debiet waarin geen lucht is bijgemengd. Dit kan veroorzaakt worden door allerlei grotere of kleine lekken in de aanzuigleiding, lekken aan de afdichting van de zuigerstangen, filters die gedeeltelijk lucht happen, de overcapaciteit van de pomp in vergelijking met die van de filters ... Bovendien werkt

¹⁰ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19115&woLang=nl>

¹¹ Dit is de verantwoordelijkheid van de exploitant.

¹² <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/code-van-goede-praktijk>

¹³ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/code-van-goede-praktijk>

¹⁴ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91693&woLang=nl>

een zuigerpomp zeer pulserend (onregelmatig met het ritme van de zuigerslagen) wat de kwaliteit van de meting nadelig beïnvloedt. Daarom is het in de meeste gevallen zinloos om een meting uit te voeren rechtstreeks op de afvoerleiding zonder dat die ontlucht is. De meest eenvoudige manier om dit te doen is gebruik te maken van een verzamel-/ontluchtingsbak. De verzamelbak loopt leeg doorheen een sifon. De debietmeter wordt geïnstalleerd tussen de sifon en de verzamel/ontluchtingsbak.

- De debietmeter moet correct opgesteld zijn. Deze correcte plaatsing speelt een belangrijke rol bij het waarheidsgetrouw registreren van het bemalingsdebiet en het totaal waterbezwaar. In eerste instantie moet de debietmeter zo geplaatst worden dat het totaal volume eenvoudig en veilig kan worden afgelezen, ook door een handhaver. Om een laminaire stroming van het water door de buis en dus correcte werking van de debietmeter te garanderen en turbulente stroming te vermijden moet bovendien voor en na de meter een stuk rechte buis voorzien worden. De minimale lengte van deze stukken rechte buis is afhankelijk van het type debietmeter en staat vermeld in de montagevoorschriften. Figuur 1 Voorbij de debietmeter moet een stuk leidingwerk voorzien worden dat hoger gelegen is (een 'zwanenhals'; Figuur 1). Er wordt verwezen naar figuren 6, 7 en 8 uit de CVGP voor een overzicht van correcte en foutieve plaatsingen van debietmeters in het leidingsnetwerk. De meter mag niet vlak voor een open uitlaat geïnstalleerd worden (minstens 2x nominale diameter afvoerleiding voor open uitlaat en hoger gelegen stuk leiding) en moet voor het eerste aftappunt van water geïnstalleerd zijn.
- Bij sterk ijzerhoudend of mangaanhoudend water kunnen oxidatieproducten de werking van een debietmeter verstoren. Zeker mechanische debietmeters zijn in dergelijke omstandigheden te vermijden (stilstand van de waaiers in de meter). Ook bij kalkhoudend water kan het neerslaan van kalk voor afwijkende meetresultaten zorgen.
- Zorg ervoor dat het bereik van de debietmeter¹⁵ overeenkomt met het debiet dat je wil meten, dat deze conform de vigerende federale regelgeving correct geijkt of herijkt is en het ijkzegel intact is.

De exploitant (ondersteund door de aannemer en de bemaler) staat in voor de periodieke controle en het onderhoud. Die controle vindt op regelmatige basis plaats op de werf, namelijk telkens wanneer de tellerstand geregistreerd worden. Minstens bij elke verplaatsing/(her)installatie van een debietmeter wordt deze gecontroleerd. Paragraaf 4.3 van de CVGP geeft een overzicht van hoe een dergelijke controle moet worden uitgevoerd en waarop moet gelet worden. Kort samengevat kan gesteld worden dat minstens volgende acties moeten uitgevoerd worden:

- Visuele inspectie van staat/verontreinigingsgraad van de watermeter alsook de toestand van de aan- en afvoerleiding en de rest van het leidingnetwerk (bv. neerslag van ijzeroxides, algen-groei, ...).
- Controle op aanwezigheid van een doeltreffende ontluuchtingsmethode.
- Controle op een correcte plaatsing van de debietmeter.

¹⁵ Voor het bepalen van het meetbereik van een debietmeter wordt verwezen naar de CVGP.

- Bij twijfel over de correcte werking van de debietmeter kan er een volumemeting gechronometreerd worden om te vergelijken met de meting van de debietmeter. Het gemeten volume mag niet te klein zijn, dit om de meetfout te beperken (bv. vat van 200 liter).

Voor elke debietmeter moet conform de CVGP een technisch dossier worden bijgehouden. Voor meer informatie wordt verwezen naar paragraaf 7 in [bijlage 6.8](#).



Figuur 1: Correct opgestelde elektromagnetische debietmeter bij een bemaling door middel van een zuigerpomp. Let op de ontluuchtingsbak en het leidingwerk voor en voorbij de debietmeter en de verhoogde afvoer voorbij de debietmeter.



Figuur 2: Fout opgestelde debietmeter (witte pijl). Er zijn geen aangepaste leidingstukken voor en na de debietmeter, er is geen opwaartse leiding voorbij de debietmeter, er werd geen mogelijkheid tot ontluchting voorzien en er is geen controle op volle leiding



Figuur 3: Bemaling met lozing van het bemalingswater, echter zonder de wettelijk vereiste debietmeter.

4 Zettingsmetingen

Het monitoren van zettingen kan uitgevoerd worden door middel van zettingsbakens (bv. zettingsbouten). Deze bakens worden geplaatst bij de meest nabijgelegen zettingsgevoelige constructies, bv. tegen gevels of tussen stoepstenen.

Ter hoogte van de locaties waar zettingen worden gemeten, moeten indien mogelijk ook peilputten geplaatst worden met een peilbuis met filterstelling in de te bemalen watervoerende laag zodat de eventuele zettingen kunnen gecorreleerd worden aan een grondwaterdaling.

Indien tijdens de studiefase blijkt dat een onaanvaardbaar risico op schade door zettingen niet uitgesloten kan worden, kan een proefbemaling worden uitgevoerd waarbij de optredende zettingen worden gemonitord. Hierbij is het van belang dat dezelfde verlaging gecreëerd wordt als deze die nodig zal zijn voor de effectieve bemaling, en dat de verlaging voldoende lang wordt aangehouden. Deze proef is meer in detail beschreven in [bijlage 6.3](#). Het uitvoeren van een dergelijke proef is (indien niet uitgevoerd als onderdeel van de eigenlijke bemaling) meldingsplichtig via rubriek 53.1 (zie [bijlage 6.8](#))¹⁶.

Bij het plaatsen van zettingsmetingapparatuur en het uitvoeren van zettingsmetingen kunnen de technische bepalingen uit hoofdstuk 32 van het 'Standaardbestek 260 voor kunstwerken en waterbouw versie 3.0', paragraaf 2.7.7, geraadpleegd worden.

¹⁶ Indien men een proefbemaling wil uitvoeren met een duurtijd langer dan 1 maand, dan is rubriek 53.1 niet geldig en moet men hiervoor rubriek 53.2 aanvragen.

4.1 Overzicht verschillende types zettingsbakens

Er kunnen bij het uitvoeren van zettingsmetingen verschillende types zettingsbakens gebruikt worden. De keuze voor een specifiek type hangt af van de locatie waar de baken kan geplaatst worden (bv. tegen een constructie of tussen stoepstenen).

Zettingsbouten zijn metalen bouten die op een te monitoren constructies worden aangebracht en die topografisch kunnen worden opgemeten (Figuur 4). Ze kunnen ook aangebracht worden op betonnen paaltjes die in de grond zijn geplaatst en in een zandcementen sokkel op voldoende diepte (minimaal 60 cm) zijn verankerd, om eventuele zettingen van de bodem in de omgeving van een bemaling op te meten.



Figuur 4: Twee voorbeelden van zettingsbouten.

Zettingsnagels of zettingsspijkers zijn metalen nagels/spijkers die ter hoogte van het maaiveld kunnen geplaatst worden, bv. tussen de tegels van een stoep (Figuur 5 links). Zettingsnagels die aangebracht worden tussen stoeptegels kunnen snel los komen te zitten, bv. wanneer er zwaar verkeer over de stoep rijdt of wanneer de stoep gelegen is langs een instabiele wand van de bouwput. Zettingsnagels kunnen ook in een stoepsteen geboord worden (Figuur 5 rechts). Ze zijn dan minder gevoelig aan los komen.

Het voordeel van het gebruik van zettingsnagels is dat er geen toestemming gevraagd moet worden aan particulieren aangezien de nagels in de stoep aangebracht kunnen worden.



Figuur 5: Voorbeelden van meetnagels aangebracht in een voeg tussen twee stoeptegels (links) en aangebracht via een boorgaatje (rechts).

Meetstickers zijn stickers die aangebracht kunnen worden op de gevels van gebouwen. Ze laten minder accurate metingen toe in vergelijking met zettingsbouten. Voor het aanbrengen van stickers moet er echter niet in de gevel geboord worden.

Een prisma is een aparte vorm van een zettingsbak die gebruikt wordt bij zettingsmetingen met een Total Station. Het prisma bevat een geslepen stuk glas, ook wel spiegel genoemd, en kan aan gebouwen bevestigd worden. Door middel van een Total Station wordt een laserstraal naar het prisma gestuurd. Het prisma kaatst de laserstraal terug.

4.2 Verloop van een meetcampagne

Voor aanvang van de bemaling en infrastructuurwerken wordt een eerste meting uitgevoerd, de zogenaamde nulmeting of referentiemeting. Deze meting vormt het uitgangspunt voor het beoordelen van eventuele zettingen¹⁷. Het verschil tussen de nulmeting en de herhalingsmeting is immers een maat voor de deformatie. Naast de bakens die geplaatst worden in de directe omgeving van de werf, worden ook één of meerdere stabiele referentiepunten voorzien buiten de invloedsstraal van de bemaling¹⁸.

De frequentie van metingen wordt vastgelegd door de ontwerper, waarbij idealiter dagelijks metingen worden uitgevoerd bij de start van de bemaling. De frequentie van de metingen kan afgebouwd worden na evaluatie van de reeds uitgevoerde metingen en na overleg met de betrokken partijen.

Voor de opstart van zettingsmetingen moeten grenswaarden geformuleerd worden waarboven maatregelen dienen getroffen te worden om de optredende zettingen te stabiliseren. Deze grenswaarden kunnen bv. een absolute zetting van 15 mm betreffen, en/of een zettingsverschil > 5 mm/week. De grenswaarden moeten echter steeds projectspecifiek gedefinieerd worden. Indien de vooraf besproken grenswaarden overschreden worden, volgt een overleg tussen de betrokken partijen en wordt de bemaling, indien technisch mogelijk, stilgelegd. Er moet dan een terugvalsscenario ter beschikking staan en mee in de aktenaam/vergunning zijn opgenomen, zoals bv. het plaatsen van retourbronnen.

De metingen moeten een nauwkeurigheid hebben in de orde van 1 mm per meetopstelling. De specifieke meettechnieken als dusdanig vallen buiten de *scope* van deze richtlijn.

Door de waarnemingen ruimtelijk te spreiden kunnen ook de effectieve differentiële zettingen worden berekend, dewelke het grootste risico op schade vertegenwoordigen. Hierbij moet rekening gehouden worden bij het aanbrengen van de zettingsbakken. De bakken kunnen bv. aan weerszijden van een constructie geplaatst worden, zodat op basis van de absolute zettingen de differentiële zettingen gemeten kunnen worden.

4.3 Scheurmetingen

Tijdens proefbemalingen of andere bemalingen waarbij zettingen worden gemonitord, kan het interessant zijn om bestaande scheuren, indien deze aanwezig zijn, te monitoren. Onderstaande tekst

¹⁷ Bij grotere constructies kan het noodzakelijk zijn om metingen over een langere periode uit te voeren om de natuurlijke bewegingen van de constructie in beeld te brengen.

¹⁸ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=19065&woLang=nl>

is gebaseerd op wat hierover staat in Janssen (2003)^[1].

Scheurmetingen kunnen worden uitgevoerd met een zogenaamde '*Tell-tale*' (Figuur 6). Dit apparaatje bevat twee overlappende plastieken plaatjes die tegenover mekaar kunnen bewegen. Op het ene is een mm schaal aangebracht op het andere een assenkruis. Wanneer ze over een scheur worden aangebracht kan zowel de lineaire verplaatsing als de hoekvervorming worden vastgesteld.

Ook 'Pfennerpuntjes' kunnen gebruikt worden, een soort mini-zettingsboutjes die in driehoeksverband over de scheur wordt geplaatst. De evolutie kan dan opgemeten worden met een schuifmaat.

Een eenvoudige manier om te oordelen of bestaande scheuren opnieuw bewegen is ze dicht te pleisteren met een dun laagje courant pleistermateriaal. Bij de minste verdere beweging zal dit zichtbaar worden op het nieuwe pleisterwerk. Hierbij moet volledigheidshalve ook rekening gehouden worden met mogelijke scheurvorming door thermische variatie, waardoor het scheuren van het pleisterwerk niet steeds noodzakelijk het gevolg is van verdere zettingen.



Figuur 6: Voorbeeld van een scheurmeting door middel van een '*Tell-tale*'.

5 Kwaliteit van het bemalingswater

Indien er sprake is van potentieel verontreinigd bemalingswater, dan moet het bemalingswater verplicht bemonsterd en geanalyseerd worden¹⁹. Voor niet potentieel verontreinigd bemalingswater is dit niet vereist. In bepaalde gevallen kan het echter wel nuttig zijn om ook bij niet potentieel verontreinigd bemalingswater een bemonstering en analyse uit te voeren, bv. als er sprake is van verzilting en hierdoor lozing of weer in de ondergrond brengen van het bemalingswater enkel toegestaan is als er aan specifieke normen wordt voldaan.

Analyse van de kwaliteit van het bemalingswater kan aan de hand van een bemonstering en analyse bij opstart van de bemaling, of via een bemonstering en analyse op representatieve peilbuizen voorafgaand aan de bemaling. In beide gevallen moet de staalname en -analyse uitgevoerd worden conform de bepalingen uit 'WAC/I/A/007 Monsternamen van bemalingswater'²⁰:

- Het bemalingswater wordt bemonsterd en geanalyseerd na de aanleg en het schoonpompen van de bemalingsfilters of onttrekkingspunten. Het bemonsteren gebeurt op het punt waar het bemalingswater de bemalingsinstallatie verlaat (met inbegrip van bv. een ontluchtingsbak). De bemalingsinstallatie moet na de bemonstering stilgelegd worden en mag pas in gebruik genomen worden als de analyseresultaten beschikbaar zijn.
- Het grondwater wordt bemonsterd en geanalyseerd op een representatieve peilbuis. Dit gebeurt maximaal drie jaar vóór de start van de aanleg van de bemaling. Om te bepalen wanneer een peilbuis representatief is, wordt verwezen naar paragraaf 2.5 uit [bijlage 6.3](#).

Het bemonsteren en analyseren wordt uitgevoerd door een VLAREL erkend laboratorium in de discipline water en volgens de procedure WAC/I/A/007 voor bemalingswater. Op de website van de Vlaamse overheid kan een overzichtsjijst gedownload worden waarin staat aangegeven welke laboratoria erkend zijn om grondwater uit peilbuizen of afvalwater te bemonsteren en te analyseren conform WAC²¹.

Bij het inschakelen van een nieuwe bemalingsstreng, -fase of -zone met potentieel verontreinigd bemalingswater en gelegen op een afstand van meer dan 20 meter van de reeds geanalyseerde bemaling of representatieve peilbuis, dient opnieuw een staalname en analyse te gebeuren. Stillegging van de extra bemalingsfilter of het extra onttrekkingspunt in afwachting van het analyseresultaat is niet vereist.

De te analyseren parameters zijn de parameters van het standaard analysepakket²² voor grondwater bestaande uit:

- pH, geleidbaarheid en temperatuur;
- zware metalen: lood, zink, cadmium, koper, nikkel, arseen, kwik en chroom;
- BTEX: benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen;
- minerale olie;

¹⁹ <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91695&woLang=nl>

²⁰ <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/compendium-wac>

²¹ <https://www.vlaanderen.be/erkenning-als-laboratorium-voor-water-of-lucht>

²² Zoals opgenomen in bijlage 3 van de Standaardprocedure voor Oriënterend Bodemonderzoek (OVAM, 1/5/2025).

- VOCl: 1,2-dichloorethaan, dichloormethaan, tetrachloormethaan, tetrachlooretheen, trichloormethaan, trichlooretheen, 1,1,1-trichloorethaan, 1,1,2-trichloorethaan, 1,1-dichloorethaan, cis-1,2-dichlooretheen en trans-1,2-dichlooretheen
- vinylchloride.

Indien de bemalingselementen in een PFAS no regret zone liggen (punt 4° van artikel 5.53.6.1.6 van VLAREM II), of op een afstand van minder dan 20 m, dan moet het bemalingswater ook op PFAS worden onderzocht. Indien er geen decretaal bodemonderzoek, schadegeval of risicoground op een afstand ligt van minder dan 20 m, dan moet enkel op PFAS worden geanalyseerd.

Uit het vooronderzoek kunnen nog andere relevante parameters blijken die onderzocht moeten worden. Indien bv. verzilt bemalingswater verwacht wordt, kan het interessant zijn ook op chloride te laten analyseren (geleidbaarheid zit bij de standaard parameters van het standaard analysepakket).

Na de initiële staalname mag de bemalingsinstallatie pas in gebruik genomen worden als de analyseresultaten beschikbaar zijn en de concentraties voldoen aan de algemene of sectorale toetsingswaarden, of aan de eventuele verhoogde toetsingswaarden die in de vergunning of aktenaam werden vastgelegd.

Herhaalanalyses kunnen opgelegd worden door de ontwerper van het bemalingsconcept, afhankelijk van de noodzaak. Ze zijn niet sectoraal verplicht maar kunnen steeds opgenomen worden in bijzondere milieuvoorwaarden.

6 Impact op natuur binnen de invloedsstraal

Om de impact van een grondwaterverlaging op beschermde natuur te monitoren²³, kunnen peilputten geplaatst worden langs of in de natuurzone. Dit kan in sommige gevallen ook opgelegd worden in de vergunning/melding.

In deze peilputten wordt de grondwaterstand gemonitord zodat de werkelijk optredende grondwaterverlaging kan vergeleken worden met de berekende/gemodelleerde grondwaterverlaging uit de bemalingsstudie. De grondwaterpeilen worden gemonitord door middel van waterpeildataloggers of via manuele metingen die ruim voor de opstart van de bemaling worden opgestart om de natuurlijke fluctuaties in het grondwaterpeil in beeld te brengen. De metingen worden getoetst aan de berekende grondwaterverlagingen uit de bemalingsstudie en eventueel aan de opgelegde peilen uit de bijzondere milieuvoorwaarden. Indien nodig wordt actie ondernomen en een terugvalsscenario opgestart.

De inplanting van deze peilputten en de filterstelling van de peilbuizen moeten door de ontwerper van de bemalingsstudie bepaald worden, eventueel in overleg met de beheerder van het betrokken gebied.

7 Impact op mobiele grondwaterverontreinigingen binnen de invloedsstraal

Om de impact van een bemaling op naburige grondwaterverontreinigingen of op verzilt grondwater te monitoren, kunnen peilputten geplaatst worden tussen of ter hoogte van de grondwaterverontreiniging en de zone die bemaald wordt. Ook tussen een bemaling en een zone met

²³ Voor meer informatie over natuur die wettelijk beschermd is, wordt verwezen naar [bijlage 6.5](#).

verzilt grondwater kunnen peilputten geplaatst worden in het kader van monitoring. Monitoring in het kader van verontreinigingen binnen de invloedsstraal kan bestaan uit peilmetingen in deze peilputten en/of kwaliteitsmetingen van het grondwater uit deze peilputten. In geval van minerale olie kunnen drijfslagmetingen ter hoogte van de grondwaterverontreiniging aangewezen zijn.

In de peilputten wordt de grondwaterstand gemonitord, ofwel automatisch door middel van waterpeildataloggers ofwel via manuele metingen, zodat de werkelijk optredende grondwaterverlaging vergeleken kan worden met de berekende/gemodelleerde grondwaterverlaging uit de bemalingsstudie. Het doel is om na te gaan of de werkelijk gerealiseerde grondwatergradiënt overeenkomt met de verwachte grondwatergradiënt. Het kan ook nuttig zijn om hiervoor bestaande peilbuizen van het betreffende decretaal bodemonderzoek te gebruiken.

Daarnaast kan indien nodig ook de kwaliteit van het grondwater in bestaande en/of nieuwe tussenliggende peilputten gemonitord worden door het regelmatig uitvoeren van staalnames en -analyses. Het doel is om de concentratie-evolutie van de betreffende parameters in de peilputten te monitoren. De parameters die onderzocht moeten worden, zijn de parameters waarvoor in het betreffende decretaal bodemonderzoek verhoogde concentraties werden vastgesteld en waarvoor een verspreidingsrisico bestaat n.a.v. de bemaling.

De standaard voor staalname en analyse van watermonsters is bepaald door het WAC en uit te voeren door een VLAREL erkend labo. In specifieke gevallen kan het echter aangewezen zijn om de CMA-methode te hanteren, bijvoorbeeld om vergelijking met de resultaten van het afperkend onderzoek in het decretaal bodemonderzoek mogelijk te maken. Indien de exploitant een monitoring van dergelijke peilputten op de grens met een verontreiniging voorziet, wordt daarom best in de aanvraag/melding duidelijk toegelicht waarom het gebruik van de CMA-methode (of WAC-methode) aangewezen is. Indien dit immers in een bijzondere milieuvoorwaarde wordt “vertaald”, is het aangewezen dat de gebruikte methode ook wordt vermeld.

Voor het uitwerken van de monitoringsstrategie, is het aangeraden in overleg te gaan met de beheerder en een erkend bodemsaneringsdeskundige (EBSD), bij voorkeur die van het betreffende decretaal bodemonderzoek. In de monitoringsstrategie kunnen volgende zaken voor opstart van de bemaling afgesproken worden met de beheerder / EBSD:

- de inplanting van de peilputten en de filterstelling van de peilbuizen;
- de frequentie van de staalanalyses en peilmetingen;
- het noodzakelijke analysepakket;
- grenswaarden of alarmwaarden die een indicatie geven voor de kans op verspreiding of aantrekking van de verontreiniging;
- het terugvalscenario dat in werking moet treden bij overschrijding van de grens- of alarmwaarden.

Als de bemaling in uitvoering gaat en het monitoringsplan wordt opgestart, is het aangeraden om ook de monitoringdata te delen met de betrokken partijen.

Om de resultaten te kunnen interpreteren wordt er een referentiemeting uitgevoerd voorafgaand aan de opstart van de bemaling in elke opvolgingspeilput, zowel voor de grondwaterstand als voor de kwaliteit van het bemalingswater. Vanaf de opstart van de bemaling worden metingen uitgevoerd volgens een afgesproken (of in de vergunningsvoorwaarden vastgelegde minimale) frequentie.

Indien een grondwaterverlaging opgemeten wordt die groter is dan de berekende/gemodelleerde

grondwaterverlaging, of een concentratie van een verontreiniging hoger is dan de afgesproken grenswaarde of alarmwaarde, dan dient actie ondernomen te worden. Wat deze actie inhoudt, wordt best vastgelegd in het monitoringsplan.

Deze monitoringsvereisten worden idealiter vastgelegd in een bijzondere milieuvoorwaarde in de vergunning.

8 Referentielijst

- [1] Janssen, G. (2003) Bemaling van bouwputten. Stichting Bouwresearch (SBR), Rotterdam.

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.17 – Monitoring zoutgehalte van grondwater

Deze bijlage bespreekt technieken die voorhanden zijn om het zoutgehalte van het grondwater te bepalen, en daarmee ook de overgang van zoet naar zout grondwater te karteren. In Vlaanderen is dit vooral van belang aan de kust, de polders van het Meetjesland (Sint-Laureins en Assenede) en ter hoogte van de Scheldepolders, waar zout grondwater aanwezig is in de diepte. Om tijdens een bemaling de situatie van verzilting op te volgen, wordt monitoring toegepast. Voor meer informatie over de verziltingskaart, wordt verwezen naar [bijlage 6.5](#).

Het zoutgehalte van grondwater wordt meestal bepaald door de elektrische geleidbaarheid te meten. De elektrische geleidbaarheid van water wordt immers sterk beïnvloed door het zoutgehalte, ruwweg volgens de lineaire relatie: $TDS = 0,67 \times EC$; met TDS het zoutgehalte (*Total Dissolved Solids*, in mg/l) en EC de elektrische geleidbaarheid (*Electrical Conductivity*, in microSiemens/cm of $\mu S/cm$). Deze relatie hangt ook af van het type zoutionen en de watertemperatuur. Zoet grondwater heeft typisch een TDS van 200-400 mg/l (EC van 300-600 $\mu S/cm$), zeewater van de Noordzee heeft een TDS met een grootteorde van 28.000 mg/l (EC van 42.000 $\mu S/cm$).

Algemeen kan gesteld worden dat grondwater met een geleidbaarheid $< 2.000 \mu S/cm$ als zoet water kan gecatalogeerd worden¹. Om het zoet karakter van aquifers te beschermen wordt in VLAREM II echter rekening gehouden met een grenswaarde van 1.600 $\mu S/cm$ bij het weer in de ondergrond brengen van bemalingswater². Zout grondwater heeft een geleidbaarheid $> 25.000 \mu S/cm$. Brak grondwater heeft een geleidbaarheid tussen 2.000 en 25.000 $\mu S/cm$.

De elektrische geleidbaarheid van het poriënwater kan gemeten worden op verschillende manieren, die grotendeels complementair zijn (Tabel 1). Daarbij worden twee fysische principes gebruikt:

- EM (*Electromagnetic induction*): meting van EC door middel van elektromagnetische inductie. In de ondergrond wordt een primair elektromagnetisch veld opgewekt met een zendspoel. Als tegenreactie wordt in de ondergrond een secundair veld opgewekt, dat wordt opgemeten met een ontvangstspoel. De eigenschappen van dit secundair veld zijn afhankelijk van de elektrische geleidbaarheid van de ondergrond. Er is geen direct contact vereist met de ondergrond;
- ER (*Electrical Resistivity*): een elektrische stroom wordt in de ondergrond geïnjecteerd via elektroden. Deze stroom veroorzaakt in de ondergrond een elektrisch veld met een verschillende elektrische potentiaal van plaats tot plaats. Een tweede paar elektroden meet dit lokaal potentiaalverschil. Via de wet van Ohm wordt hieruit de elektrische weerstand berekend, die dan weer wordt omgerekend naar de soortelijke weerstand. Deze soortelijke weerstand is de inverse van de elektrische geleidbaarheid. Deze methode vereist een direct elektrisch contact van de elektroden met de grond.

Daarbij moet ook een onderscheid gemaakt worden tussen de directe meting van de elektrische geleidbaarheid van het grondwater dat zich in de poriën van de grond bevindt (grondwater-EC) en de meting van een bulk volume grond met poriënwater (bulk-EC). De bulk-EC wordt deels bepaald door de EC van het grondwater in de poriën en deels door de gronddeeltjes. Bij zoet grondwater is de invloed van de EC van de gronddeeltjes significant. Een voornamelijk zandige ondergrond heeft een bulk-EC

¹ <https://www.dov.vlaanderen.be/page/verziltingskaart>

² <https://navigator.emis.vito.be/detail?wold=91692&woLang=nl>

tussen 50 en 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$, een lemige ondergrond tussen 150 tot 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$, terwijl een ondergrond met een kleiaanrijking een bulk-EC van meer dan 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ geeft, maar zelden hoger dan 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Als het grondwater brak of zout is, dan is de elektrische geleidbaarheid van het poriënwater dominant. De geleidbaarheid kan dan gemakkelijk oplopen tot 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, omwille van opgeloste zouten in het poriënwater. De bulk-EC wordt dikwijls ook in milliSiemens/meter (mS/m) uitgedrukt.

In het kader van bemalingen wordt meestal de EC van het grondwater rechtstreeks gemeten in peilbuizen of in het opgepompte grondwater (methode 1; Tabel 1). Belangrijk hierbij is dat geleidbaarheid gestabiliseerd is vooraleer men de waarde noteert. Men kan dit controleren door meerdere metingen na elkaar uit te voeren. De elektrische geleidbaarheid wordt standaard gemeten, samen met de temperatuur en pH, wanneer er geanalyseerd wordt op de parameters van het standaard analysepakket³.

Daarnaast wordt dikwijls ook een EM-meting uitgevoerd in peilbuizen, om een diepteprofiel te krijgen van de zoet-zout verdeling (methode 2, Figuur 1). Er wordt dan gebruik gemaakt van een sonde, waarvoor het noodzakelijk kan zijn een brede diameter (63 mm) te voorzien voor de peilbuis. Voor grotere bemalingen worden daarbij ook metingen uitgevoerd die een idee geven van de EC-variaties in horizontale richting (methode 3, Figuur 2; of methode 4).

Naast de elektrische geleidbaarheid kan ook het chloridegehalte gemeten worden in het labo. Dit vereist een staalname. Een meting van het chloridegehalte zit niet vervat in het standaard analysepakket en moet apart aangevraagd worden.

Tabel 1: Overzicht van de meetmethoden om het zoutgehalte van grondwater te bepalen, met voor- en nadelen.

Meetmethode	Gemeten volume	Voordelen	Nadelen
1. Staalname in peilput of pompput en analyse in-situ (EC) of in labo (EC of chloridegehalte)	EC/chloride-gehalte dicht bij peilfilter	Directe meting van poriënwater, snel, zeer goedkoop	Puntmeting, beperkt volume
2. EM-meting in boorgat of peilbuis	bulk-EC langsheen boorgat of peilbuis als diepteprofiel	Scherp dieptebeeld, snel, relatief goedkoop, herhaalbaar, bijkomende natuurlijke gammastraling meting in boorgat mogelijk om lithologische variatie te kennen (oppassen met kleistoppen bij metingen in peilbuizen!)	Geen beeld van horizontale variatie; er mogen geen metalen voorwerpen in de peilbuisconstructie aanwezig zijn
3. ER-meting via elektroden aan het maaiveld langsheen raaien	bulk-EC langsheen raaien als 2D verticale profielen ('ER Tomografie')	Zowel horizontale als verticale variaties zichtbaar	Matig tijdrovend en dus iets duurder, dieptebeeld minder scherp

³ Zoals opgenomen in bijlage 3 van de Standaardprocedure voor Oriënterend Bodemonderzoek (OVAM, 1/4/2023).

4. EM-meting door de sensor over het maaiveld te bewegen (te voet of met gemotoriseerd vervoer zoals een quad)	bulk-EC langsheen raaien	Horizontale variaties zichtbaar, herhaalbaar, verticale variaties zichtbaar bij verschillende spoelafstanden en -oriëntatie (frequentie domein); verticale variatie zichtbaar bij tijdsdomein systeem; snelle meting indien gemotoriseerd	Relatief tijdrovend (te voet) en duur, dieptebeeld minder scherp, verstoring door metalen voorwerpen; minder geschikt in sterk bebouwd gebied
5. EC-CPT: EC meting aan tip van sondeerstang bij sondering	bulk-EC langsheen sondeerstang	Scherp dieptebeeld, snel, relatief goedkoop, herhaalbaar, bijkomende meting van conusweerstand en wrijving	Zware CPT-machine op terrein, herhaling niet op dezelfde locatie, sterk beïnvloed door sondeeractie, geen beeld van horizontale variatie, risico op schade aan dure sonde
6. EM-meting vanuit de lucht (vliegtuig, helikopter, drone ...)	bulk-EC langsheen raaien of oppervlakken	Horizontale en verticale variaties zichtbaar, herhaalbaar	Enkel geschikt voor regionale kartering; niet geschikt in sterk bebouwd gebied
7. ER-meting in een boorgat tijdens het boren	bulk-EC langsheen boorgat	Scherp dieptebeeld, snel, relatief goedkoop	Niet mogelijk in peilbuizen, eerste 10 m kan niet opgemeten worden, niet herhaalbaar

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.18 – Waterremmende wanden

Deze bijlage geeft een overzicht van de verschillende types waterremmende wanden die bij infrastructuurwerken en in bouwprojecten worden gebruikt. Ook worden analytische formules en getalwaarden opgegeven die kunnen worden aangewend bij het berekenen van het lekdebiet doorheen een wand.

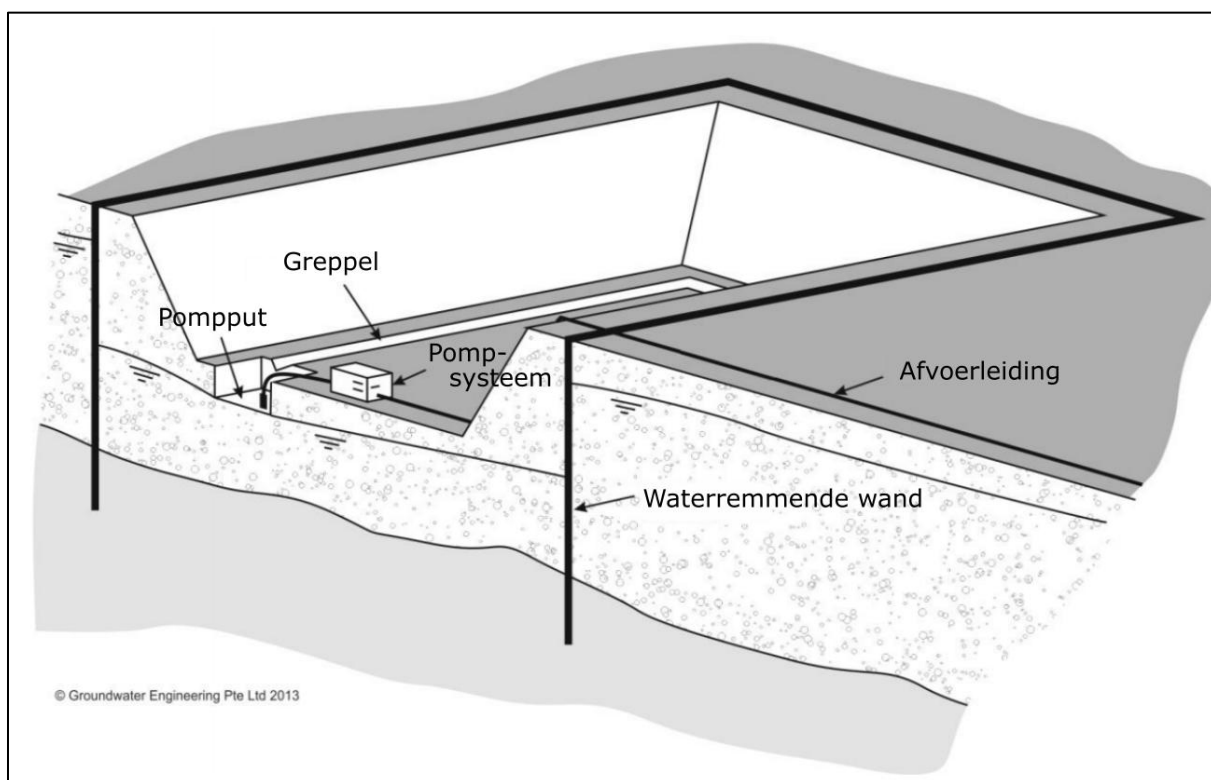
Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
2	Types beschoeiingswanden	5
2.1	Berlinerwand, type 1	6
2.2	Berlinerwand, type 2	6
2.3	Damwand	6
2.4	Tangentpalenwand	7
2.5	Secanspalenwand	7
2.6	Soilmixwand type 1 (kolomsystemen)	7
2.7	Soilmixwand type 2 (paneelsystemen)	7
2.8	Diepwand of slibwand	8
2.9	Cement-bentoniet diepwand	8
2.10	Cement-bentoniet smalwand	9
2.11	Palenwand bestaande uit VHP-kolommen	9
3	Rekenformules	9
3.1	Damwand	9
3.2	Poreuze wand (secanspalenwand, soilmixwand, ...)	11
3.2.1	Wanddikte, plaatsingstolerantie, schuinstand en maximale diepte waterkerende wand 11	
3.2.2	Doorlatendheid van poreuze wanden	15
3.2.3	Bepalen van het lekdebiet doorheen poreuze wanden	16
4	Rekenvoorbeelden d_{eq} , L en hydraulische weerstand van poreuze wanden	17
4.1	Paneelsystemen	17
4.2	Kolomsystemen	18
5	Referentielijst	18

1 Inleiding

In bepaalde omstandigheden is het noodzakelijk om de invloed van een bemaling op de directe omgeving te beperken. Zo kan een bemaling zettingen veroorzaken, een naburige grondwaterverontreiniging aantrekken of aanleiding geven tot verdroging in een nabijgelegen natuurgebied. Men kan in dat geval opteren om een hydraulisch geïsoleerde bouwput te creëren door rondom de bouwput waterremmende wanden te plaatsen met aanzet in een horizontale waterremmende laag (bv. klei of een artificieel aangebrachte waterremmende laag; Figuur 1). In gebieden waar regionaal verhoogde concentraties van gevaarlijke stoffen voorkomen (bv. PFAS in de regio Zwijndrecht), kan het creëren van een hydraulisch geïsoleerde bouwput zorgen voor een aanzienlijke verlaging van het te zuiveren bemalingsdebiet.

Indien men spreekt over een hydraulisch geïsoleerde bouwput door middel van waterremmende wanden, betekent dit niet dat de bouwput waterdicht gemaakt wordt. De termen 'hydraulisch geïsoleerd' en 'waterremmend' worden gebruikt wanneer men tot doel heeft de invloed van een grondwaterverlaging tot een minimum te beperken door het creëren van een hydraulische barrière^[a]. Indien relevant voor het bemalingsconcept, moet de hydraulische weerstand van de waterremmende wand expliciet vermeld worden in een bemalingsstudie. Tijdens de uitvoering kan de hydraulische weerstand gemonitord worden door het opvolgen van het lekdebiet en de grondwaterstanden binnen en buiten de wanden. Indien het lekdebiet en de grondwaterverlaging buiten de wanden hoger zijn dan verwacht, kan dat o.a. duiden op een lagere hydraulische weerstand.



Figuur 1: Voorbeeld van een bouwput die hydraulisch geïsoleerd is door middel van waterremmende wanden. Binnen de hydraulisch geïsoleerde bouwput wordt, na de initiële bemaling om het geborgen water weg te pompen, in dit geval een open bemaling toegepast om het hemelwater en lekdebiet af te voeren (bron: Groundwater Engineering Ltd).

Conform courante praktijk wordt aanbevolen waterremmende wanden aan te brengen tot minimaal 2 m in de horizontale waterremmende laag om stroming onder de wand maximaal te beperken^[a,b]. In sommige omstandigheden kan hiervan afgeweken worden, bv. indien de top van de waterremmende laag door middel van voldoende grondonderzoek geïdentificeerd is¹, de top ongeveer op dezelfde diepte voorkomt langsheen de volledige contour van de wand en de waterremmende laag voldoende dik en waterremmend is. Indien er afgeweken wordt, moet dit door de ontwerper van het bemalingsconcept gemotiveerd worden in de bemalingsstudie en in de vergunningsaanvraag/melding.

Indien waterremmende wanden niet worden aangezet in een waterremmende laag, spreekt men van partiële wanden. Het water kan in dat geval onder de wand door stromen (onderloopsheid), waardoor de waterremming van de wand beperkt zal zijn. Het effect van waterremmende wanden hangt dan sterk af van de diepte van de wanden, de configuratie van de bemaling (ligging van de filters ten opzichte van de onderkant van de wand), de verticale doorlatendheid van de ondergrond, de kwaliteit van uitvoering ... Een adequate inschatting van het effect van partiële wanden kan enkel gemaakt worden met een lokaal aangepast numeriek grondwatermodel.

Bij het ontbreken van een natuurlijk aanwezige waterremmende laag, kan er ook geopteerd worden een artificieel horizontaal waterremmend scherm aan te brengen, bv. door middel van waterglasinjectie, onderwaterbeton, jet-grouting^[e] ... om alsnog een hydraulisch geïsoleerde bouwput te creëren. De techniek van waterglasinjectie, waarbij een mengsel van waterglas, water en een harder geïnjecteerd wordt in de ondergrond, staat beschreven in een infofiche opgesteld in kader van het COOCK-project 'Grondwaterbeheersing bij bouwprojecten'². Deze techniek is toepasbaar in goed doorlatende zanden, tot een maximale diepte van ca. 15 m. Er mag geen sterke grondwaterstroming aanwezig zijn, en tevens mogen de ondergrond en het grondwater niet verontreinigd zijn. Het is aanbevolen om projectspecifiek de nodige informatie in te winnen over de toepasbaarheid van waterglasinjectie. Ook voor de toepassing van onderwaterbeton wordt verwezen naar de website van het COOCK-project³. Zowel de injectie van waterglas als het storten van onderwaterbetonvloeren zijn dure technieken waarbij de investering steeds moet worden afgewogen tegen in kostprijs. Zeker bij bouwputten met een grote oppervlakte lopen de kosten sterk op. Bovendien zijn bij de toepassing ook verticale waterremmende wanden nodig, om samen met de artificiële horizontale laag een hydraulisch afgesloten kuip te vormen.

Recent gaat meer en meer aandacht naar het permanent karakter van verticale waterremmende wanden^[c]. Waterremmende wanden vormen permanente hydraulische barrières in watervoerende lagen en kunnen op die manier een lange termijn impact hebben op grondwaterstanden en de natuurlijke grondwaterstroming. Verhogingen van de grondwaterstand worden geobserveerd stroomopwaarts van zulke wanden, wat kan resulteren in lokale wateroverlast en versnelde afvoer van grondwater via drainagesystemen (bv. via drainerende RWA-buizen of speciaal aangebrachte drainagebuizen om de opstuwing tegen te gaan). Stroomafwaarts van de wanden kan een permanente verlaging van de grondwaterstand ontstaan, wat kan leiden tot lokale verdroging.

De impact van waterremmende wanden op lange termijn werd bestudeerd in kader van het COOCK-project 'Grondwaterbeheersing bij bouwprojecten'^[c, d]. Uit dit onderzoek blijkt dat voornamelijk de

¹ Bv. door middel van elektrische sonderingen tot in de waterremmende laag langsheen de contour van de te plaatsen waterremmende wand.

² <https://www.grondwaterindebouw.be/wp-content/uploads/2022/11/Buildwise-infofiche-waterglas.pdf>

³ <https://www.grondwaterindebouw.be/documenten/>

lengte van de wanden, de aanzetdiepte (al dan niet aangezet in een waterremmende laag) en de oriëntatie (al dan niet loodrecht op de natuurlijke grondwaterstroming) een impact kunnen hebben op de natuurlijke grondwaterstroming. In een stedelijke omgeving waar waterremmende wanden worden toegepast voor meerdere bouwprojecten, kunnen cumulatieve effecten optreden waardoor het aanbevolen kan zijn de impact op de grondwaterstand te onderzoeken. Het is aanbevolen de impact van een project te onderzoeken indien aan volgende voorwaarden voldaan wordt:

- De werf bevindt zich in een dichtbebouwde stedelijke omgeving én;
- De waterremmende wanden zouden reiken tot in een natuurlijke horizontale waterremmende laag én;
- Er is een natuurlijke grondwaterstroming die loodrecht is ten opzichte van de wanden én;
- De totale lengte van de wand, loodrecht op de natuurlijke grondwaterstroming, bedraagt meer dan 50 m, ongeacht of het gaat om één afzonderlijke wand dan wel om een wand die aansluit op een bestaande wand die reikt tot in een natuurlijke horizontale waterremmende laag (waarbij de gezamenlijke lengte in rekening wordt gebracht).

In een dergelijke voorstudie kunnen projectspecifiek de voordelen van diepe waterremmende wanden afgewogen worden ten opzichte van de nadelen, en kunnen eventueel mitigerende maatregelen worden voorgesteld. Deze maatregelen kunnen inhouden dat er met minder diepe wanden gewerkt moet worden in combinatie met het aanbrengen van een artificiële horizontale waterremmende laag, of dat er bv. perforaties moeten voorzien worden of drainage moet toegepast worden buiten de wanden.

Deze bijlage behandelt enkel de toepassing van waterremmende wanden bij tijdelijke bemalingen, in het bijzonder met betrekking tot het dimensioneren van het lekdebiet en/of het begroten van het mitigerend effect van de wanden op het debiet van de bemaling en de invloed van de bemaling op de omgeving. Deze bijlage doet geen uitspraak over de integratie van waterremmende wanden in constructies en hun toepasbaarheid als waterremmende/waterdichte wand in ondergrondse bouwlagen. Voor dit aspect wordt verwezen naar de specifieke infofiches opgemaakt door Buildwise⁴.

Voor het berekenen van het debiet dat moet worden bemaald binnen een hydraulisch gesloten kuip, wordt verwezen naar [bijlage 6.12](#) (paragraaf 1.1.5). Het betreft dan het bemalen van geborgen water, lek en neerslag.

2 Types beschoeiingswanden

Hieronder volgt een overzicht van de verschillende beschikbare types wanden met een korte verduidelijking en verwijzing naar de infofiches opgemaakt door Buildwise, voor zover deze beschikbaar zijn. Voor elk type wordt aangegeven of het toepasbaar is als waterremmend scherm of dat het enkel een grondkerende functie heeft.

Op de website van EMIS⁵ (Energie- en milieu-informaticasysteem voor het Vlaamse Gewest) kan bijkomende informatie gevonden worden over de diverse technieken alsook over indicatieve richtprijzen van die technieken. Er kan algemeen gesteld worden dat het plaatsen van waterremmende wanden de bouwkost gevoelig verhoogt.

⁴ <https://www.grondwaterindebouw.be/de-technologie/verticale-schermwanden/>

⁵ <https://emis.vito.be/nl>

2.1 Berlinerwand, type 1

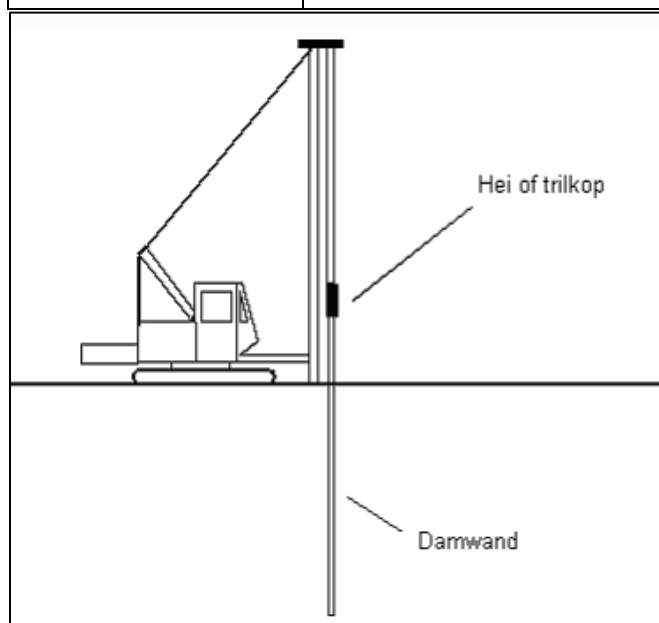
Korte beschrijving	Een Berlijnse wand type 1 is een beschoeiing die bestaat uit verticale profielen die geplaatst worden voor aanvang van de uitgraving. De beschottingen tussen de verticale profielen worden tijdens een lokale uitgraving telkens over een beperkte hoogte aangebracht.
Infotische Buildwise	Artikel 2012-04.19
Waterremmend?	NIET toepasbaar als waterremmende wand.

2.2 Berlinerwand, type 2

Korte beschrijving	Een Berlijnse wand type 2 is een beschoeiing die bestaat uit verticale profielen en beschotting die beiden geplaatst worden voor aanvang van de uitgraving.
Infotische Buildwise	Artikel 2012-04.20
Waterremmend?	NIET toepasbaar als waterremmende wand.

2.3 Damwand

Korte beschrijving	Een stalen damwand is opgebouwd uit een aantal in de grond gebrachte geprofileerde stalen damplanken (U- of Z-profielen) die aan elkaar gekoppeld worden met behulp van een slotconstructie, zodanig dat er een aaneengesloten constructie gevormd wordt (Figuur 2).
Infotische Buildwise	Bouwgebrek 70.01
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand.



Figuur 2: Schematische voorstelling van het aanbrengen van een damwand (bron: EMIS).

2.4 Tangentpalenwand

Korte beschrijving	Een TANGENTpalenwand bestaat uit primaire en secundaire palen die <u>naast elkaar</u> worden uitgevoerd om zodoende een wand te verkrijgen.
Infofiche Buildwise	Artikel 2012-04.22
Waterremmend?	NIET toepasbaar als waterremmende wand.

2.5 Secanspalenwand

Korte beschrijving	Een SECANSpalenwand bestaat uit primaire en secundaire palen die <u>snijdend in elkaar</u> worden uitgevoerd om zodoende een wand te verkrijgen.
Infofiche Buildwise	Artikel 2012-04.21
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand afhankelijk van paaldiameter en grootte van overlapping van de palen. Rekenvoorbeelden onder paragraaf 4.

2.6 Soilmixwand type 1 (kolomsystemen)

Korte beschrijving	De grond wordt <i>in situ</i> mechanisch vermengd met een bindmiddel aan de hand van een speciale mengbeitel. Dit mengprocedé resulteert in soilmix- <u>kolommen</u> . Door dergelijke kolommen snijdend in elkaar uit te voeren, is het mogelijk een continue wand te vormen die dienstdoet als beschoeiing en/of waterremmende wand.
Infofiche Buildwise	Artikel 2012-04.23
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand afhankelijk van kolomdiameter en grootte van overlapping van de kolommen. Rekenvoorbeelden onder paragraaf 4.

2.7 Soilmixwand type 2 (paneelsystemen)

Korte beschrijving	De grond wordt <i>in situ</i> mechanisch vermengd met een bindmiddel aan de hand van een frees (Figuur 3). Dit mengprocedé resulteert in soilmix- <u>panelen</u> . Door dergelijke panelen snijdend in elkaar uit te voeren, is het mogelijk een continue wand te vormen die dienstdoet als beschoeiing en/of waterremmende wand.
Infofiche Buildwise	Artikel 2012-04.24
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand mits toepassing van een minimale overlapping van 10 cm zoals aangegeven in de infofiche. Rekenvoorbeelden onder paragraaf 4.



Figuur 3: Frezen van een soilmixwand type 2 (bron: Lameire).

2.8 Diepwand of slibwand

Korte beschrijving	Diep- of slibwanden zijn in de grond gevormde wanden van gewapend beton. Bij de vervaardiging ervan graaft men met behulp van speciale rechthoekige grijpers die opgehangen zijn aan een kabelkraan afzonderlijke sleuven ('panelen') in de grond tot op de vereiste diepte. Om tijdens de uitgraving het instorten van de sleuf te voorkomen, wordt deze opgevuld met een steunvloeistof. Vervolgens worden er geprefabriceerde wapeningskooien in de sleuf neergelaten en wordt deze gebetonneerd via één of meerdere stortbuizen. De steunvloeistof wordt hierbij verdriven en kan worden gerecupereerd voor een volgend paneel. Door dergelijke individuele panelen aansluitend uit te voeren, ontstaat er een continue wand in de grond
Infociche Buildwise	Artikel 2014-04.27
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand.

2.9 Cement-bentoniet diepwand

Korte beschrijving	Cement-bentonietwanden worden op een gelijkaardige manier uitgevoerd als de hierboven beschreven diepwand. Na de uitgraving wordt de bodem
--------------------	--

	gereinigd en de steunvloeistof vervangen door het cement-bentoniet mengsel. Dit cement-bentoniet mengsel kan eventueel ook rechtstreeks in de sleuf gebracht worden tijdens het graven waarbij dit mengsel dan dient als steunvloeistof en als definitief waterremmend product tegelijkertijd. Door dergelijke individuele panelen aansluitend uit te voeren, ontstaat er een continue wand in de grond
Infociche Buildwise	Artikel 2014-04.27
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand.

2.10 Cement-bentoniet smalwand

Korte beschrijving	Een smalwand is een cement-bentonietwand met een dikte in de orde van 10 cm. De wand wordt gerealiseerd door een stalen profiel in de grond te trillen en bij het uittrekken onderaan een cement-bentoniet specie te injecteren om de ontstane holte op te vullen. Een dergelijk type wand heeft geen stabieltechnische draagkracht.
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand voor tijdelijke toepassingen met beperkte waterkering.

2.11 Palenwand bestaande uit VHP-kolommen

Korte beschrijving	Very High Pressure-grouting (VHP) of jet-grouting bestaat erin om de grond in situ onder hoge druk te versnijden en te vermengen met een watercementmengsel (grout) en zodoende groutkolommen te vormen. Door dergelijke kolommen snijdend in elkaar uit te voeren, is het mogelijk een continue wand te vormen die dienstdoet als beschoeiing en/of waterremmende wand.
Infociche Buildwise	(BGGG publicatie over jet-grouting ^[e])
Waterremmend?	Toepasbaar als waterremmende wand afhankelijk van paaldiameter en grootte van overlapping van de palen.

Opmerking: VHP-kolom = Very High Pressure kolom = jet-grouting kolom

3 Rekenformules

3.1 Damwand

In de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[f] werden onderstaande formules opgegeven ter berekening van de lekdebieten doorheen damwanden. De formules worden in deze richtlijn behouden en overgenomen.

$$\text{Vergelijking 1: } Q = \rho * H * \left(\frac{H}{2} + h\right) * n$$

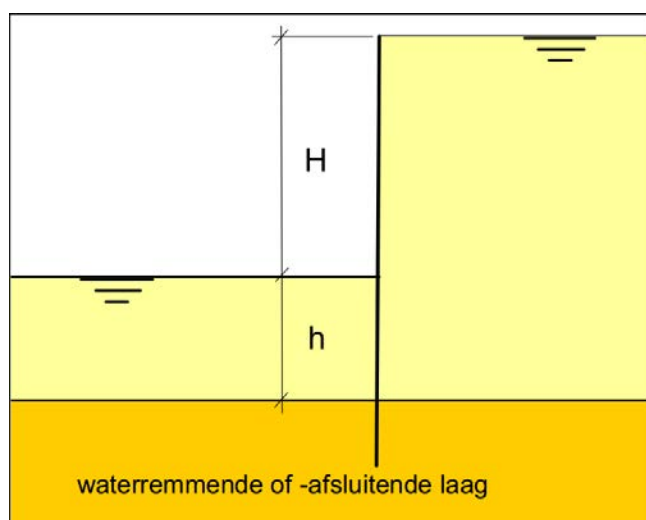
Met:

- Q : debiet dat door de sloten/voegen van de damwand stroomt (m³/s);
- H : gerealiseerde verlaging in de bouwput (m; Figuur 4);
- h : afstand tussen verlaagde grondwaterstand en waterremmende laag (m; Figuur 4);
- n : aantal voegen over de omtrek van de bouwput ($n = \frac{L}{b}$);
- L : omtrek van de wand (m);
- b : afstand tussen de voegen (m);
- ρ : inverse voegweerstand (m/s).

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van richtinggevende waarden voor de inverse voegweerstand van verschillende types voegen voor stalen damwanden (geldig bij een normale verzorgde uitvoering)⁶.

Tabel 1: Richtinggevende waarden voor de inverse voegweerstand van stalen damwanden (voormalige Richtlijnen Bemalingen, 2009^[f]).

Type voeg	Max. drukverschil	Inverse voegweerstand (ρ)
Zonder voegvulling	100 kPa	> 10 ⁻⁷ m/s
Bitumineuze voegvulling	100 kPa	6 · 10 ⁻⁸ m/s
Zwellende voegvulling	200 kPa	3 · 10 ⁻¹⁰ m/s
Gelaste voeg	-	0 m/s



Figuur 4: Opstelling waterremmende wand.

⁶ In het CUR Handboek 166 Damwandconstructies wordt nader ingegaan op de verschillende soorten afdichtingssystemen.

3.2 Poreuze wand (secanspalenwand, soilmixwand ...)

In de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[f] werd een formule opgegeven ter berekening van de lekdebieten doorheen poreuze wanden. De formule wordt in deze richtlijn behouden maar aangevuld met een aantal bijkomende voorwaarden en aandachtspunten.

- In de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[f] werd geen uitspraak gedaan over de wanddikte die in rekening mag gebracht worden voor het bepalen van de maximale diepte tot waar de wand als waterremmend te beschouwen is. Hierbij moet er een onderscheid gemaakt worden tussen paneelsystemen, paal- of kolomsystemen en smalwanden.
- Ook de equivalente dikte d_{eq} die in rekening gebracht mag worden bij het bepalen van het lekdebiet doorheen een wand werd niet besproken in de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[f]. In modelleringen wordt rekening gehouden met de weerstand C van de wand, zijnde d_{eq}/k .

3.2.1 Wanddikte, plaatsingstolerantie, schuinstand en maximale diepte waterremmende wand

Poreuze wanden halen hun waterremmendheid uit een combinatie van de doorlatendheid van het materiaal (k) en de dikte van de wand (d). De dikte van de wand en de garantie op het behouden van die dikte in functie van de diepte is afhankelijk van de beschoeiingstechniek en de toleranties op inplanting en verticaliteit.

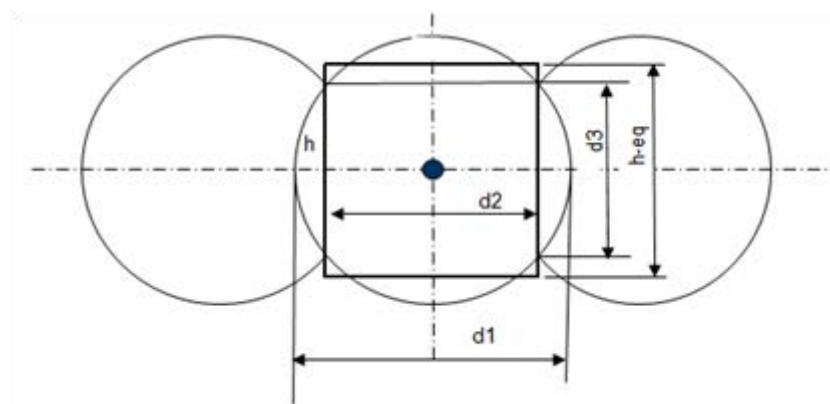
3.2.1.1 De in rekening te brengen wanddikte voor het bepalen van de max. wanddiepte van een waterremmende wand en de equivalente diameter van een wand

3.2.1.1.1 Paneelsystemen

Voor paneelsystemen mag de theoretische paneeldikte gebruikt worden als dikte voor het berekenen van de maximale lengte van de wand en ook als equivalente dikte, d_{eq} voor het berekenen van het lekdebiet.

3.2.1.1.2 Paal- of kolomsystemen

Voor paal- of kolomsystemen wordt de overlapping bepaald door de minimale sectie. Voor kolomsystemen is d_3 uit Figuur 5 maatgevend voor het berekenen van de maximale lengte van de wand^[g]. Bij het berekenen van het lekdebiet bij paal- of kolomsystemen mag de equivalente hoogte h_{eq} uit Figuur 5 in rekening gebracht worden als equivalente dikte d_{eq} .



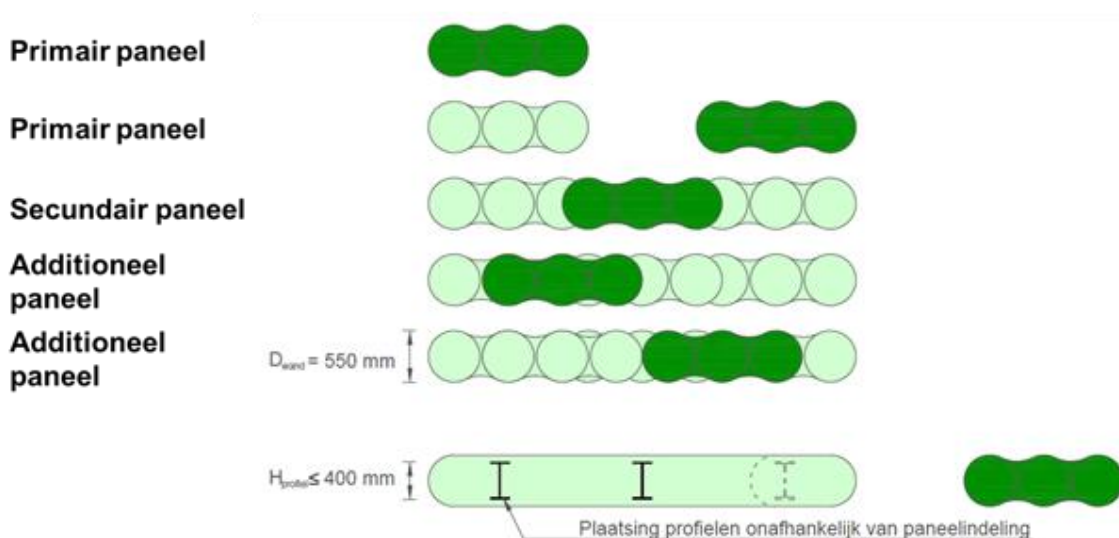
Figuur 5: Wand bestaande uit snijdende palen/kolommen.

Met:

- d_3 : breedte contactvlak (overlapping): $d_3 = \sqrt{d_1^2 - d_2^2}$
 - h : halve dikte overlapping: $h = \frac{(d_1 - d_2)}{2}$
 - h_{eq} : equivalente hoogte wand: $h_{eq} = \frac{A_1}{d_2}$
- met: A_1 : netto doorsnede paal/kolom: $A_1 = A_0 - 2 * (\frac{h}{6 * d_3} * (3 * h^2 + 4 * d_3^2))$
- A_0 : bruto doorsnede paal/kolom: $A_0 = \frac{\pi * d_1^2}{4}$

3.2.1.1.3 Soilmix-kolomsysteem (type 1) met pelgrimsgang

Speciaal aangepaste boormachines kunnen twee of drie kolommen tegelijkertijd realiseren. Als er strenge eisen opgelegd worden met betrekking tot de totale weerstand van de wand, kan deze gerealiseerd worden met meervoudige kolomsystemen waarbij voldoende overlapping tussen de kolommen wordt gerealiseerd. Die voldoende overlapping wordt gerealiseerd door de zogenaamde pelgrimsgang (Figuur 6), waarbij de menging meerdere keren plaatsvindt als onderdeel van het productieproces. Bij een dergelijke uitvoering kan zowel de dikte voor het berekenen van de wandlengte als de equivalente dikte d_{eq} gelijkgesteld worden aan de theoretische kolomdiameter d_1 .

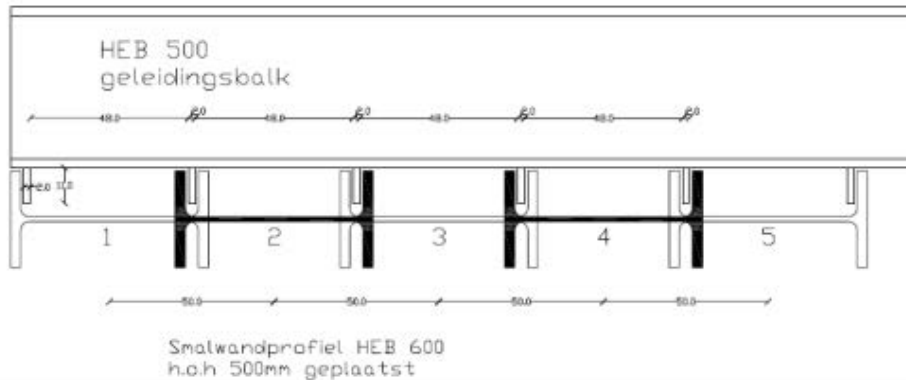


Figuur 6: Uitvoeringsprincipe pelgrimsgang bij soilmixwanden type 1.

3.2.1.1.4 Smalwanden

Uit Figuur 7 kan afgeleid worden dat de halve flensbreedte de bepalende maat is voor het bepalen van de maximale lengte van de waterremmende wand. Gezien onderaan bij het terugtrekken cementbentoniet specie wordt geïnjecteerd, kan een vergrotingsfactor in rekening gebracht worden. ABEF stelt voor om een vaste waarde van 5 cm in te rekenen. Voor een HEB600 profiel wordt d_{eq} dan $30\text{cm}/2 + 5\text{cm} = 20\text{cm}$.

Voor het berekenen van het lekdebiet is de in rekening te brengen dikte d_{eq} 8 à 15 cm.



Figuur 7: Uitvoeringsprincipe smalwand met HEB600 profiel.

3.2.1.2 Inplantingstolerantie I en schuinstand S

3.2.1.2.1 Paneelsystemen en kolomsystemen

Voor de inplantingstolerantie en schuinstand kan verwezen worden naar de infofiches van Buildwise (Tabel 2). Voor wanden bestaande uit VHP-kolommen, waarvoor de infofiche nog ontbreekt, kan verwezen worden naar de infofiche voor soilmix-wanden type 1, opgebouwd uit kolommen.

Tabel 2: Overzicht van inplantings- en scheefstandstoleranties van verschillende types poreuze waterremmende wanden.

Artikel	techniek	I (inplanting)	S (scheefstand)
2012-04.21	secanspalen	25mm (met geleidebalk)	1.3%
2012-04.23	soilmix-wanden type 1	25mm (met geleidebalk)	1.3%
2012-04.23	soilmix-wanden type 1	75mm (zonder geleidebalk)	1.3%
2012-04.24	soilmix-wanden type 2	50mm	1.3%
2014-04.27	diepwanden	50mm	1.0%

Desgewenst kunnen er, afhankelijk van de grondgesteldheid, strengere toleranties worden gehaald. In praktijk is 0,5 % de absoluut hoogst haalbare tolerantie qua scheefstand. Bij strengere toleranties dan de in Tabel 2 vermelde waarden, dienen er tijdens de uitvoering en de controle ervan bijzondere maatregelen getroffen te worden (bv. gebruik van geleidebalk, continue registratie van verticaliteit door middel van dieptemetingen, voorleggen referentieprojecten ...). Dergelijke maatregelen hebben een prijsverhogend effect. Eveneens dient de studie uitgebreid te worden met een procedure van eventuele herstelmaatregelen voor het geval na uitvoering blijkt dat de vooropgestelde toleranties niet werden gehaald.

3.2.1.2.2 Smalwanden

Voor de inplantingstolerantie en schuinstand van smalwanden kan er verwezen worden naar de infofiches van Buildwise voor berlinerwanden. Met die aanvulling/wijziging dat, gezien een gabariet gebruikt wordt voor het inbrengen van het H-profiel, de inplantingstolerantie kan teruggebracht worden naar 25 mm (zie ook secanspalen).

3.2.1.3 Maximale diepte van waterremming

De maximale diepte tot waarop een bepaald wandtype als waterremmend kan beschouwd worden, wordt bepaald door middel van onderstaande formule (Figuur 8). De formule gaat uit van de *worst case* situatie, namelijk dat 2 opeenvolgende palen of panelen een maximale schuinstand (S) vertonen. De factor 2 houdt rekening met een maximale schuinstand in tegengestelde richting én een maximale verschuiving van de inplanting (I) in de richting van de schuinstand.

$$\text{Vergelijking 3: } L = \frac{(D-I)}{2S}$$

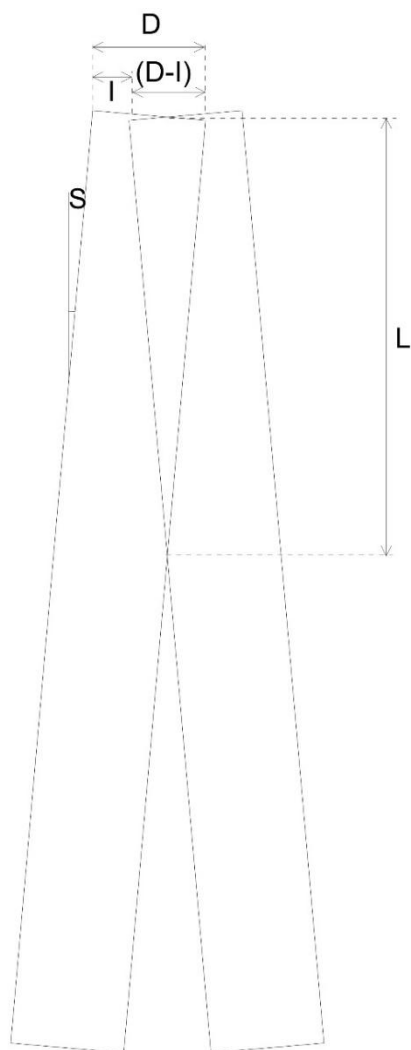
Met:

- D: wanddikte (cm)
- I: inplantingstolerantie (cm)
- S: schuinstand (cm/m)

Opmerking:

- Voor paneelsystemen is D = mootdikte*
- Voor kolomsystemen is D = d₃
- Voor kolomsystemen met pelgrimsgang is D = d₁

*Een soilmix-moot heeft dezelfde afmetingen (lengte en breedte) als de nominale afmetingen van de soilmix-machine die gebruikt wordt voor de uitvoering ervan. Zo kan een soilmix-paneel gemaakt worden uit meerdere naast elkaar uitgevoerde soilmix-moten.



Figuur 8: Visuele voorstelling parameters voor berekening L.

De maximale diepte, tot waarop een bepaalde waterremmende wand toepasbaar is als waterremmend scherm, bepaalt de diepte waarop de horizontale waterremmende laag (hetzij natuurlijk, hetzij artificieel) zich mag bevinden om bruikbaar te zijn voor het creëren van een hydraulisch geïsoleerde bouwput.

3.2.2 Doorlatendheid van poreuze wanden

De richtinggevende waarden voor de doorlatendheid van verschillende types poreuze waterremmende wanden worden weergegeven in Tabel 3. De tabel is gebaseerd op Bijlage C van de voormalige Richtlijnen Bemalingen (2009)^[f] en werd in overleg met het ABEF gefinaliseerd.

Tabel 3: Overzicht van karakteristieken van verschillende types poreuze waterremmende wanden.

Type wand	Typische afmetingen en bijzonderheden	Permeabiliteit (k)
Secanspalenwand en soilmix-wand type 1 kleine diameter	diameter d_1 40cm-60cm overlap 5cm -10cm	10^{-6} m/s

Secanspalenwand en soilmix-wand type 1 grote diameter	diameter $d_1 > 60\text{cm}$ overlap 10cm-18cm	10^{-8}m/s mits doorlatendheid getest op monsters $< 10^{-9}\text{m/s}^7$ andere gevallen 10^{-7}m/s
soilmix-wand type 2 of soilmixwand type 1 kleine diameter uitgevoerd met pelgrimsgang	dikte 55cm-110cm overlap 10cm-20cm	10^{-8}m/s mits doorlatendheid getest op monsters $< 10^{-9}\text{m/s}^7$ andere gevallen 10^{-7}m/s
Betonnen diepwand met voegband	dikte 60cm-150cm	10^{-8}m/s
Cement-bentoniet diepwand (dichtwand)	dikte 50cm-80cm	10^{-8}m/s mits doorlatendheid getest op monsters $< 10^{-9}\text{m/s}^7$ andere gevallen 10^{-7}m/s
Cement-bentoniet smalwand	dikte 8cm-15cm	10^{-7}m/s
VHP-palenwand kleine diameter	diameter d_1 60cm-80cm overlap 15cm-20cm	10^{-6}m/s
VHP-palenwand grote diameter	diameter d_1 100cm-120cm overlap 15cm-20cm	10^{-6}m/s

Desgewenst kunnen er, afhankelijk van de grondgesteldheid, strengere eisen worden gehaald. In die gevallen dienen er tijdens de uitvoering en de controle ervan bijzondere maatregelen getroffen te worden (bv. gebruik van geleidebalk, continue registratie van verticaliteit door middel van dieptemetingen ...). Dergelijke maatregelen hebben een prijsverhogend effect. Eveneens dient de studie uitgebreid te worden met een procedure van eventuele herstelmaatregelen voor het geval na uitvoering blijkt dat de vooropgestelde eisen niet werden gehaald.

3.2.3 Bepalen van het lekdebiet doorheen poreuze wanden

$$\text{Vergelijking 3: } Q = \frac{H * \left(\frac{H}{2} + h\right) * L}{C} = \frac{k * H * \left(\frac{H}{2} + h\right) * L}{d_{eq}}$$

Met:

- Q : debiet dat door de wand stroomt (m^3/s);
- H : gerealiseerde verlaging in de bouwput (m; Figuur 4);
- h : afstand tussen verlaagde grondwaterstand en waterremmende laag (m; Figuur 4);
- L : omtrek van de wand (m);

⁷ De monsters die hiervoor gebruikt kunnen worden, kunnen monsters zijn genomen van het natte materiaal tijdens plaatsing, of monsters gekernd uit de wanden nadat ze uitgehard zijn. De te verkiezen optie hangt af van het type wand.

- C : hydraulische weerstand van de wand;
- k : doorlatendheid van de wand (m/s);
- d_{eq} : equivalente dikte van de wand (m).

4 Rekenvoorbeelden d_{eq} , L en hydraulische weerstand van poreuze wanden

4.1 Paneelsystemen

Tabel 4: Berekening maximale wandlengte L en hydraulische weerstand C voor poreuze wanden uitgevoerd met paneelsystemen.

	moot-dikte (= d_{eq}) (cm)	l (cm)	S (cm/m)	L (m)	k (m/s)	hydraulische weerstand (d)	k (m/s)	hydraulische weerstand (d)
Soilmix type 2	55	5	1.3	19.2	1.00E-08	636.6	1.00E-07	63.7
	55	5	0.5	50.0	1.00E-08	636.6	1.00E-07	63.7
	55	5	1.3	19.2	1.00E-08	636.6	1.00E-07	63.7
	55	5	0.5	50.0	1.00E-08	636.6	1.00E-07	63.7
	63	5	1.3	22.3	1.00E-08	729.2	1.00E-07	72.9
	63	5	0.5	58.0	1.00E-08	729.2	1.00E-07	72.9
	63	5	1.3	22.3	1.00E-08	729.2	1.00E-07	72.9
	63	5	0.5	58.0	1.00E-08	729.2	1.00E-07	72.9
Betonnen diepwand	80	5	1	37.5	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	0.5	75.0	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	1	37.5	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	0.5	75.0	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	120	5	1	57.5	1.00E-08	1388.9	1.00E-07	138.9
	120	5	0.5	115.0	1.00E-08	1388.9	1.00E-07	138.9
	120	5	1	57.5	1.00E-08	1388.9	1.00E-07	138.9
	120	5	0.5	115.0	1.00E-08	1388.9	1.00E-07	138.9
Cementbentoniet diepwand	60	5	1	27.5	1.00E-08	694.4	1.00E-07	69.4
	60	5	0.5	55.0	1.00E-08	694.4	1.00E-07	69.4
	60	5	1	27.5	1.00E-08	694.4	1.00E-07	69.4
	60	5	0.5	55.0	1.00E-08	694.4	1.00E-07	69.4
	80	5	1	37.5	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	0.5	75.0	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	1	37.5	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6
	80	5	0.5	75.0	1.00E-08	925.9	1.00E-07	92.6

4.2 Kolomsystemen

Tabel 5: Berekening d_3 , equivalente diameter d_{eq} , maximale wandlengte L en hydraulische weerstand C voor poreuze wanden uitgevoerd met kolomsystemen.

	diameter paal (d1)	overlap	h	d2	d3	A_0	A_1	d_{eq}	I	S	L	k	C hydraulische weerstand	k	C hydraulische weerstand
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm ²)	(cm ²)	(cm)	(cm)	(cm/m)	(m)	(m/s)	d	(m/s)	
Secanspalen Soilmix type 1 kleine diameter	42	5	2.5	37	19.9	1385.4	1349.4	36.5	2.5	1.3	6.7	1.00E-06	4.2		
	42	5	2.5	37	19.9	1385.4	1349.4	36.5	2.5	0.5	17.4	1.00E-06	4.2		
	42	10	5	32	27.2	1385.4	1227.4	38.4	2.5	1.3	9.5	1.00E-06	4.4		
	42	10	5	32	27.2	1385.4	1227.4	38.4	2.5	0.5	24.7	1.00E-06	4.4		
	52	5	2.5	47	22.2	2123.7	2088.3	44.4	2.5	1.3	7.6	1.00E-06	5.1		
	52	5	2.5	47	22.2	2123.7	2088.3	44.4	2.5	0.5	19.7	1.00E-06	5.1		
	52	10	5	42	30.7	2123.7	1971.5	46.9	2.5	1.3	10.8	1.00E-06	5.4		
	52	10	5	42	30.7	2123.7	1971.5	46.9	2.5	0.5	28.2	1.00E-06	5.4		
Secanspalen Soilmix type 1 grote diameter	62	10	5	52	33.8	3019.1	2870.5	55.2	2.5	1.3	12.0	1.00E-08	638.9	1.00E-07	63.9
	62	10	5	52	33.8	3019.1	2870.5	55.2	2.5	0.5	31.3	1.00E-08	638.9	1.00E-07	63.9
	62	18	9	44	43.7	3019.1	2482.1	56.4	2.5	1.3	15.8	1.00E-08	652.9	1.00E-07	65.3
	62	18	9	44	43.7	3019.1	2482.1	56.4	2.5	0.5	41.2	1.00E-08	652.9	1.00E-07	65.3
	88	10	5	78	40.7	6082.1	5938.6	76.1	2.5	1.3	14.7	1.00E-08	881.2	1.00E-07	88.1
	88	10	5	78	40.7	6082.1	5938.6	76.1	2.5	0.5	38.2	1.00E-08	881.2	1.00E-07	88.1
	88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	2.5	1.3	19.5	1.00E-08	923.3	1.00E-07	92.3
	88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	2.5	0.5	50.8	1.00E-08	923.3	1.00E-07	92.3
Secanspalen Soilmix type 1 grote diameter	62	10	5	52	33.8	3019.1	2870.5	55.2	7.5	1.3	10.1	1.00E-08	638.9	1.00E-07	63.9
	62	10	5	52	33.8	3019.1	2870.5	55.2	7.5	0.5	26.3	1.00E-08	638.9	1.00E-07	63.9
	62	18	9	44	43.7	3019.1	2482.1	56.4	7.5	1.3	13.9	1.00E-08	652.9	1.00E-07	65.3
	62	18	9	44	43.7	3019.1	2482.1	56.4	7.5	0.5	36.2	1.00E-08	652.9	1.00E-07	65.3
	88	10	5	78	40.7	6082.1	5938.6	76.1	7.5	1.3	12.8	1.00E-08	881.2	1.00E-07	88.1
	88	10	5	78	40.7	6082.1	5938.6	76.1	7.5	0.5	33.2	1.00E-08	881.2	1.00E-07	88.1
	88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	7.5	1.3	17.6	1.00E-08	923.3	1.00E-07	92.3
	88	18	9	70	53.3	6082.1	5584.2	79.8	7.5	0.5	45.8	1.00E-08	923.3	1.00E-07	92.3
HDI-palenwand kleine diameter	60	15	7.5	45	39.7	2827.4	2468.1	54.8	2.5	1.3	14.3	1.00E-06	6.3		
	60	15	7.5	45	39.7	2827.4	2468.1	54.8	2.5	0.5	37.2	1.00E-06	6.3		
	60	20	10	40	44.7	2827.4	2135.8	53.4	2.5	1.3	16.2	1.00E-06	6.2		
	60	20	10	40	44.7	2827.4	2135.8	53.4	2.5	0.5	42.2	1.00E-06	6.2		
	80	15	7.5	65	46.6	5026.5	4685.4	72.1	2.5	1.3	17.0	1.00E-06	8.3		
	80	15	7.5	65	46.6	5026.5	4685.4	72.1	2.5	0.5	44.1	1.00E-06	8.3		
	80	20	10	60	52.9	5026.5	4387.7	73.1	2.5	1.3	19.4	1.00E-06	8.5		
	80	20	10	60	52.9	5026.5	4387.7	73.1	2.5	0.5	50.4	1.00E-06	8.5		
HDI-palenwand grote diameter	100	15	7.5	85	52.7	7854.0	7522.5	88.5	2.5	1.3	19.3	1.00E-06	10.2		
	100	15	7.5	85	52.7	7854.0	7522.5	88.5	2.5	0.5	50.2	1.00E-06	10.2		
	100	20	10	80	60.0	7854.0	7241.5	90.5	2.5	1.3	22.1	1.00E-06	10.5		
	100	20	10	80	60.0	7854.0	7241.5	90.5	2.5	0.5	57.5	1.00E-06	10.5		
	120	15	7.5	105	58.1	11309.7	10984.3	104.6	2.5	1.3	21.4	1.00E-06	12.1		
	120	15	7.5	105	58.1	11309.7	10984.3	104.6	2.5	0.5	55.6	1.00E-06	12.1		
	120	20	10	100	66.3	11309.7	10713.1	107.1	2.5	1.3	24.6	1.00E-06	12.4		
	120	20	10	100	66.3	11309.7	10713.1	107.1	2.5	0.5	63.8	1.00E-06	12.4		

5 Referentielijst

- [a] Denies, N., Huybrechts, N., 2024. Tijdelijke bemalingen op werven, TV 292, Buildwise, 87 pp.
- [b] BGGG, ABEF, Buildwise, 2013. *Handboek beschoeiingen*.
- [c] Huysmans, M., 2025. *Lange termijn en cumulatieve impact van bemalingen met waterremmende wanden op grondwaterstanden en grondwaterstroming* (https://www.grondwaterindebouw.be/wp-content/uploads/2024/11/07_M-Huysmans_Waterremmende-wanden.pdf).
- [d] Brangers, E., 2023. *Using water retaining walls to reduce the impact of construction dewatering. Short-term and long-term effect on groundwater levels and flow*, Thesis KU Leuven en VUB.
- [e] Maertens, J., De Vleeschauwer, P., Langhorst, O., 2017 *Jet-grouting: State of the Art*, BGGG.

- [f] Van Calster P., De Cock F., De Vos M., Maertens J., Van Alboom G., 2009. *Richtlijnen Bemalingen*, Werkgroep Bemalingen, 74 pp.
- [g] Huybrechts N., Denies N., 2017. *Handboek soilmix-wanden. Ontwerp en uitvoering*, Buildwise, 286 pp.

Richtlijnen bemalingen ter bescherming van het milieu

Bijlage 6.19 – Nazorg bij achterlaten fysieke elementen van de bemaling

Deze bijlage betreft een aangepaste richtlijn voor het achterlaten van bemalingsfilters en horizontale drains. Omwille van technische redenen kan de code van goede praktijk in verband met het verlaten van grondwaterwinningen, zoals besproken in het basisdocument (paragraaf 3.10.3), niet toegepast worden bij het achterlaten van filters en drains.

Inhoudsopgave

1	Het achterlaten van de fysieke elementen van een bemalingssysteem	2
2	Bemalingsfilters	3
3	Horizontale drains	4
4	Peilputten	5

1 Het achterlaten van de fysieke elementen van een bemalingssysteem

Vermits bemalingen grondwaterwinningen zijn, geldt hier ook de code van goede praktijk in verband met het verlaten van grondwaterwinningen (CVGP; VLAREM II bijlage 5.53.1¹). Elke buitengebruikstelling van een grondwaterwinning dient gemeld te worden, en de putten dienen oordeelkundig te worden opgevuld met ondoorlatend materiaal. Vooraleer de verlaten grondwaterwinning definitief op te vullen, moet het opvulschema van de boorput ter goedkeuring worden voorgelegd aan de entiteit van de Vlaamse Milieumaatschappij bevoegd voor grondwater advisering.

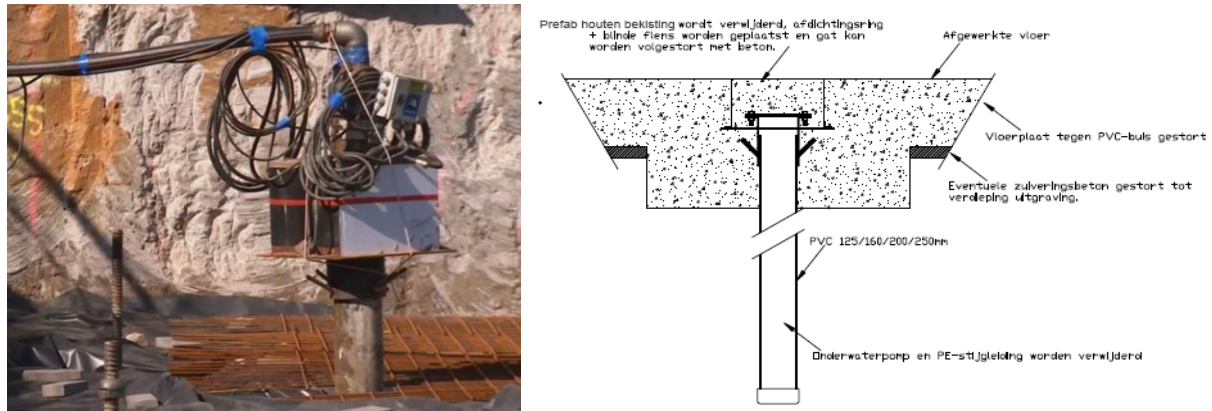
De werkwijze volgens de code van goede praktijk (grouten van winningen) is volgens de huidige wetgeving van toepassing op alle grondwaterwinningen, dus ook op bemalingen, maar is om technische redenen niet altijd uitvoerbaar bij bemalingsfilters en horizontale drains. De richtlijn voor het achterlaten van bemalingsfilters en horizontale drains wordt daarom in onderstaande paragrafen toegelicht.

Voor dieptebronnen is de opvulling zoals beschreven in de CVGP wel verplicht. In het geval dat dieptebronnen in de bouwput staan, en de grondwaterstand in rust hoger is dan het afgewerkte niveau van de vloerplaat, kan van de voorziene werkwijze afgeweken worden. In een dergelijke situatie is het immers technisch niet mogelijk om de dieptebronnen volgens de CVGP op te vullen. De boorgaten zijn dan hydraulisch geïsoleerd van de omgeving waardoor het risico op negatieve effecten zeer klein is. Er

¹ <https://navigator.emis.vito.be/mijn-navigator?wold=24785&woLang=nl>

kan bv. via deze boorgaten geen ongewenst verontreinigd oppervlaktewater of freatisch grondwater naar diepere watervoerende lagen migreren.

De dieptebronnen worden waterdicht afgewerkt in de vloerplaat. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van overzetflenzen, die mee in de vloerplaat gestort worden (Figuur 1).



Figuur 1: Voorbeeld van een afdichtings- of overzetflens met een houten bekisting die in de vloerplaat wordt ingewerkt. De schematische weergave toont de finale afwerking, waarbij de flens is afgedicht.

2 Bemalingsfilters

Bemalingsfilters bestaan meestal uit een blinde haalbuis (ca. 32-50 mm) die wordt aangesloten op een collector ([bijlage 6.9](#)). Deze haalbuis is onderaan open en is schuin aangesneden en over een zekere lengte omgeven door een geperforeerde PVC ribbelbuis en filtertextiel. Het water sijpelt door het draingedeelte langsheen de haalbuis naar het diepste punt naar beneden waarna het intreedt in de haalbuis. De filters worden meestal ingebouwd door middel van spoelboringen met kleine diameter (ca. 100 à 150 mm). In een zandig profiel worden ze niet omstort met filtergrind, en stort de boorgatwand in rondom de filter. In minder doorlatende formaties, en zeker wanneer korte filters (lengte < 8 m) worden aangebracht, wordt wel filtergrind gestort. Een kleistop moet altijd aangebracht worden om een vacuümbemaling mogelijk te maken.

Het verwijderen van de filters komt in de praktijk neer op het uittrekken van de haalbuis, terwijl het filterelement blijft zitten. De wrijving met de omringende grond is namelijk te groot. In de praktijk worden tot nog toe filtergaten zelden opgevuld na het beëindigen van de bemaling. Nochtans kunnen ze een reëel risico creëren op verspreiding van verontreiniging naar de diepte, vermits het filterelement, al dan niet omstort met filtergrind, nog steeds aanwezig is. Indien het filterelement zou worden getrokken, stort in de meeste gevallen het boorgat gedeeltelijk in en is de diepte die effectief kan worden aangevuld beperkt.

Indien filtergaten toch conform moeten worden opgevuld dienen de gaten overboord te worden. De resulterende boorgaten dienen dan te worden opgevuld, over de volledige lengte van het boorgat, met een grout of met zwellende kleipellets.

Er wordt geoordeeld dat minstens in onderstaande gevallen de filtergaten moeten worden overboord en opgevuld worden na het beëindigen van de bemaling. Uiteraard is dit technisch niet mogelijk indien de filters mee ingestort worden in de muren van de kelder.

- de bemaling vindt plaats in een gebied met belangrijke natuurwaarden: beschermde duingebieden, speciale beschermingszones, biologisch waardevolle en biologisch zeer waardevolle percelen, VEN- en IVON gebieden (zie [bijlage 6.5](#));
- de bemaling vindt plaats in een beschermingszone rond een drinkwaterwinning;
- de bemaling vindt plaats op een perceel waar een grondwaterverontreiniging aanwezig is;
- de bemaling vindt plaats in verzilt gebied waar de kans op beïnvloeding/verplaatsing van het zout/zoet grensvlak reëel is;
- wanneer er belangrijke stoorlagen doorboord worden.

3 Horizontale drains

Het achterlaten van niet afgedichte horizontale drains kan een reëel risico inhouden. Horizontale drains worden in vergelijking met geboorde putten relatief ondiep aangelegd (meestal < 6 m-mv; [bijlage 6.9](#)), waardoor het risico op het naar de diepte verspreiden van een eventuele verontreiniging de facto beperkt is. De horizontale verspreidingsrisico's zijn daarentegen zeer groot. Dergelijke niet afgedichte horizontale drains vormen als het ware een snelweg voor transport van mogelijke verontreinigingen in grondwater.

Een ander reëel risico van het achterlaten van niet opgevulde drains is dat, als men bij een eventuele toekomstige ontgraving in de buurt één van deze drains raakt, de drain het water uit de omgeving versneld zal draineren en aanvoeren naar de nieuwe ontgraving. Op dat moment is dat een moeilijk op te lossen probleem. De oude drain zal tot op enige afstand van de nieuwe bouwput moeten uitgegraven worden en afgedicht, en de sleuf opnieuw worden aangevuld. Om die redenen worden horizontale drains idealiter na het beëindigen van de bemaling ook gegROUT.

In bepaalde gevallen is het noodzakelijk om horizontale drains af te dichten conform de CVGP. De uitvoeringstechniek kan echter verschillen van deze van toepassing op geboorde putten. Indien beide drainuiteinden boven het maaiveld komen kan de drain worden doorgepompt met grout tot hij volledig is aangevuld. Indien slechts één uiteinde bereikbaar is, moet een injectieleiding zo ver mogelijk worden ingevoerd om van daaruit de drain maximaal op te grouten. De samenstelling van de grout kan dezelfde zijn als die voor geboorde putten.

Er wordt geoordeeld dat er minstens in de volgende gevallen getracht moet worden de horizontale drains zo goed mogelijk op te vullen na de beëindiging van de bemaling:

- de bemaling vindt plaats in een gebied met belangrijke natuurwaarden: beschermde duingebieden, speciale beschermingszones, biologisch waardevolle en biologisch zeer waardevolle percelen, VEN- en IVON gebieden (zie [bijlage 6.5](#));
- de bemaling vindt plaats in een beschermingszone rond een drinkwaterwinning;
- de bemaling vindt plaats op een perceel waar een grondwaterverontreiniging aanwezig is;
- de bemaling vindt plaats in verzilt gebied waar de kans op beïnvloeding/verplaatsing van het zout/zoet grensvlak reëel is;
- wanneer er belangrijke stoorlagen doorboord worden.

4 Peilputten

Met betrekking tot peilputten geldt dezelfde verplichting als voor grondwaterwinningen en moeten deze opgevuld worden met grout indien ze definitief buiten gebruik gesteld worden.

Indien peilputten tijdelijk buiten gebruik gesteld worden, gelden de bepalingen uit hoofdstuk 4.3 van de CVGP. De peilputten moeten dan bovenaan afgedicht worden, bv. door middel van een verlijmde kap. Dit kan bv. van toepassing zijn indien peilputten behouden moeten blijven na het beëindigen van een bemaling, omdat ze nog gebruikt kunnen worden in kader van toekomstige naburige bemalingen of om de natuurlijke fluctuaties in het grondwaterpeil verder op te volgen. Zie ook paragraaf 2.3 in [bijlage 6.3](#).

