

(G1010)

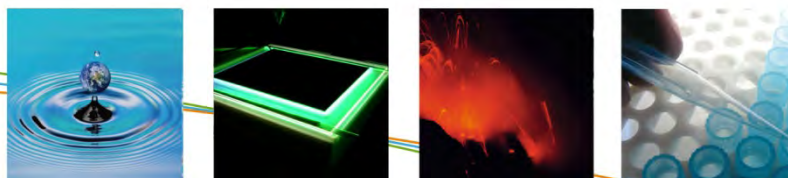
EINDRAPPORT

Natuurlijk voorkomen en karakteristieken van inheemse natuursteen in Vlaanderen – Diestiaan ijzerzandsteen in het Hageland

R. Dreesen, M. De Ceukelaire & R. De Koninck

Studie uitgevoerd in opdracht van: ALBON
2010/SCT/R/006

Maart 2010



VITO NV

Boeretang 200 – 2400 MOL – BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 – Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be – www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 435-4508191-02 KBC (Brussel)
BE32 4354 5081 9102 (IBAN) KREDBEBB (BIC)

VERSPREIDINGSLIJST

ALBON: 5 exemplaren
BGD: 2 exemplaren
VITO: 3 exemplaren

SAMENVATTING

Deze beperkte studie kadert in het actieplan duurzaam ontginnen 2007-2011 van het Algemeen Oppervlakte-delfstoffenplan (2008). Er bestaat een behoefte aan streekeigen materiaal ter restauratie en conservatie van historische gebouwen opgetrokken in Diestiaan ijzerzandsteen. Omwille van het behoud van de streekgebondenheid wil men zo veel mogelijk authentieke bouwmaterialen gebruiken. De meeste, zometer alle groeven van ijzerzandsteen zijn echter verdwenen en historische ontginningsplaatsen zijn nauwelijks of niet meer gekend.

In het eerste deel van deze studie werd een inventaris gemaakt van alle geologische archiefdata die beschikbaar waren m.b.t. het voorkomen van ijzerzandsteen, meer bepaald de ligging van oude groeven of van ontsluitingen, en dit binnen de verbreidingszone van de Formatie van Diest. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de archieven van de Belgische Geologische Dienst en van literatuurgegevens, aangevuld met gegevens bekomen van het Regionaal Landschap Noord-Hageland en van derden.

Teneinde de juiste aard van de versteningen of verijzeringen in het Diestiaan zand in de buurt van de laatste gekende ontginning "het Steenkot" in Kelbergen (Schaffen nabij Diest) te achterhalen, werd door de Belgische Geologische Dienst en de Afdeling Geotechniek een nieuwe exploratiecampagne opgezet. Dit vertaalde zich in de uitvoering en de beschrijving van verschillende diepsonderingen en boringen. De sonderingen gaven een duidelijk beeld van te verwachten hardere lagen bij de uitvoering van gekerde boringen. Een van de boringen bereikte 16 m en stootte op dunne steenlagen die echter veel dunner waren dan de in de groeve ontgonnen dikke ijzerzandsteenbanken, zoals beschreven in 1942 door F. Halet.

Vervolgens werden alle data bekomen uit het archiefonderzoek naar hun kwaliteit geëvalueerd, op topografische kaarten geplote samen met het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen. De locaties die als ontginning of groeve uit het archiefonderzoek werden weerhouden, zijn dan getoetst aan de diverse bestemmingen van het gewestplan. Hieruit bleek dat een gedeelte van de weerhouden historische ontginningen niet voor verdere exploratie in aanmerking komen, omdat ze gelegen zijn in sterk beperkende zones (beschermd landschap, vogelrichtlijngebied, habitatrichtlijngebied en VEN-gebied). In nauw overleg met collega's van het Regionaal landschap Noord-Hageland en van Natuurpunt, werden vervolgens de ligging van 42 meer "gunstig" gelegen locaties die als potentiële sites voor verdere verkenning in aanmerking kwamen, verder kritisch bekeken en naar hun prioriteit geëvalueerd. Aldus bleven nog een 6-tal sites over. Deze sites werden verder op terrein verkend naar de effectieve aanwezigheid van ijzerzandsteen (ontsluitingen) en naar de mogelijkheden voor verdere exploratie (mogelijke reserves, herkenning en evaluatie van de vastgelegde bestemmingen volgens het gewestplan).

Een van de mooiste locaties is zeker Molenstede (Grasbos, Diest): ondanks het feit dat de bestaande groevewand niet ver af ligt van privéterreinen, zijn er hier zeker nog mogelijkheden. Indien er daadwerkelijk nog reserves van goede steen zouden aanwezig zijn, dan is overleg met het RLNH en Natuurpunt zeker aangewezen omdat de site in een beschermd natuurgebied ligt. De koppeling van kleinschalige ontginning aan een milieu-educatief project rond ijzerzandsteen, archeologie en biodiversiteit kan hier misschien een oplossing bieden.

De potentieel interessante sites van de Rodeberg (Averbode), de Keiberg-Mannenbergh (Scherpenheuvel) en de Kratenberg-Houwaertsberg (Holsbeek) zijn allen gelegen in ofwel weinig waardevol natuurgebied (bosgebied met naaldbomen, verlaten bouwgrond) of in een agrarisch landschap met een vrij onduidelijke bestemming.

Omwille van het ontbreken van goede ontsluitingen hier, is verder terreinwerk en exploratie via boringen zeker aangewezen.

In zones zoals de Chartreuzenberg in Holsbeek, waar er een mix is van agrarisch gebied/parkgebied/woongebied zal in eerste instantie moeten opgevolgd worden of er hier nog bouwprojecten in de toekomst zullen plaatsvinden. IJzerzandsteenbanken zijn duidelijk zichtbaar in de toegangswegen (holle wegen) tot het gebied. Vrijgekomen grote blokken ijzerzandsteen zouden bijvoorbeeld in overleg met het RLNH en de bevoegde gemeente(n), kunnen worden opgehaald als reservemateriaal voor restauratiedoeleinden. Het RLNH heeft trouwens in 2009 reeds het initiatief genomen om alle betrokken gemeentediensten hierover te contacteren, waarbij enkele gemeenten reeds positief hebben gereageerd. Nog verder uit te zoeken is de problematiek van een centrale opslagplaats en van het eigendomsrecht van vrijgekomen ijzerzandsteenblokken.

De Kepkensberg in Ham werd tenslotte ook weerhouden omwille van de aanwezigheid van een steilrand met ijzerzandsteenbank aan de rand van een bosgebied.

De verschillende geselecteerde gebieden zijn echter ook veel te groot voor een nauwkeurige evaluatie. Verder gedetailleerd tereinbezoek is dus zeker aangewezen, evenals gerichte exploratiecampagnes, al dan niet met behulp van gekerde boringen. Zo zullen de verschillende bestemmingen volgens het gewestplan opnieuw in detail moeten bekeken worden, samen met de biologische waarderingskaart en het effectieve perceelgebruik door de diverse eigenaars. Een eerste stap in de verdere verkenning is inmiddels gerealiseerd in de vorm van de GIS-verwerking van alle topografische relevante elementen, zoals holle wegen en steilranden, op elk van de 42 geselecteerde sites. Deze verwerking gebeurde ihkv een stage door Stijn Bruggen, masterstudent van de KULeuven. De volgende stap zou erin moeten bestaan om al deze topografische elementen op terrein verder te gaan verkennen.

Teneinde de vermeende laterale continuïteit van ijzerzandsteenbanken te bewijzen, werd er ook een beperkte boorcampagne opgezet. Voorafgaand aan deze boorcampagne werden met Prof. Em. F. Gullentops de hier boven geselecteerde sites verder kort geëvalueerd en een aantal nieuwe boorlocaties op terrein verkend, o.a. te Lubbeek. Na selectie en in situ evaluatie van de terreincondities (o.a. toegankelijkheid voor de boormachine) werden in totaal 5 boringen uitgevoerd op 4 verschillende locaties m.b.v. de Geoprobe van VITO. De bezochte boorlocaties waren achtereenvolgens: de Kepkensberg (Ham), de Rodeberg (Averbode), de Kapittelberg (Aarschot) en het Gasthuisbos (Lubbeek). Met uitzondering van de boring op de Kepkensberg hebben de uitgevoerde boringen de veronderstelde diepte waarop de ijzerzandsteenbanken normaliter hadden moeten voorkomen, niet bereikt: reden hiervoor is het feit dat de boringen voortijdig zijn gestopt door de aanwezigheid van dunne verhardingen zoals limonietlaagjes of ijzerzandsteenbankjes. Het type van boorapparatuur is in feite ook niet geëigend voor het uitvoeren van kernboringen in sterk verharde sedimenten of harde materialen. Boring A van de Kepkensberg toont echter wel aan dat bepaalde ijzerzandsteenbanken lateraal niet doorlopen, hetgeen een aanduiding kan zijn voor het lokaal uitwijken ervan.

Een losliggende blok ijzerzandsteen aan de voet van de steilrand van de Kepkensberg werd in opdracht van de Belgische Geologische Dienst door Monument NV opgehaald en verzaagd om de nodige monsters aan te leveren voor verdere laboproeven (Labo Magnel, Gent) m.b.t. het meten van de schijnbare volumieke massa, open porositeit, druksterkte, vorstproef en buigsterkte. Bij het verzagen van het blok werd de heterogene natuur van het ijzerzandsteen duidelijk, wat o.a. resulteerde in het uiteenvallen van het blok in verschillende kleinere stukken, zodat stalen met de gewenste maten niet steeds konden worden aangeleverd. Op basis van de bekomen

resultaten kan men stellen dat de bouwkundige kwaliteiten van dit staal niet van die aard zijn dat de ijzerzandsteen kan gebruikt worden als duurzaam restauratiemateriaal. Wel is het nog niet duidelijk of dit blok inderdaad representatief is voor de gehele steenbank op de betreffende locatie. Uiteraard zullen de resultaten ook niet representatief zijn voor alle kwaliteiten van de Diestiaan ijzerzandsteen, gezien zijn heterogeen karakter. De gemeten resultaten sluiten echter vrij goed aan bij de bekomen waarden uit andere lopende of inmiddels afgesloten onderzoeken, doorgevoerd aan de KULeuven (ijzerzandsteen van de ingestorte kerktoren van Meldert en van het verweerde buitenparement van de kerk van Zichem) en door het KIK (ingestorte Maagdentoren van Zichem).

Het is niet heel duidelijk of er überhaupt nog bouwrijp materiaal aanwezig is in de huidige, nog toegankelijke oude groevewanden, taluds, steilranden of holle wegen. Het zou interessant zijn indien het onderzoek van historische bronnen (VIOE) de locaties van de "betere" ijzerzandsteen aan het licht zou kunnen brengen, evenals specifieke ontginningsmethoden. Uit dit archiefonderzoek blijkt nu al dat er bij de historische ontginningen en productie van ijzerzandsteenblokken in de groeven zeer veel afval ("quaden steen") werd geproduceerd.

INHOUD

Verspreidingslijst	I
Samenvatting	II
Inhoud	V
Lijst van tabellen	VII
Lijst van figuren	VIII
Hoofdstuk 1 Inleiding	1
Hoofdstuk 2 Archiefonderzoek (BGD)	2
2.1 <i>Geografische situering</i>	2
2.2 <i>Inventarisatie puntvoorkomens ijzerzandsteen</i>	3
2.2.1 Inleiding	3
2.2.2 Beschikbare data	3
Hoofdstuk 3 Groeve Steenkot, Kelbergen (Geotechniek, BGD, VITO)	14
3.1 <i>Ligging</i>	14
3.1.1 Bestaande gegevens	14
3.1.2 Nieuw onderzoek	16
Hoofdstuk 4 Gis-verwerking archiefdata	20
4.1 <i>Controle van de data</i>	20
4.2 <i>DHM en topografische kaart</i>	20
4.3 <i>Toetsing aan het gewestplan en selectie van prospectiegebieden</i>	21
Hoofdstuk 5 Terreinverkenning	31
5.1 <i>Inleiding</i>	31
5.2 <i>Korte beschrijving van de bezochte sites</i>	31
5.2.1 Molenstede (Diest)	31
5.2.1 Rodeberg (Averbode)	32
5.2.2 Keiberg-Mannenbergh (Scherpenheuvel)	33
5.2.3 Chartreuzenberg (Holsbeek)	33
5.2.4 Kapittelberg – Houwaertsberg – Kratenberg (Holsbeek)	34
5.2.5 Hofheide – crematorium	34
5.2.6 Kepkensberg (Ham)	35
5.3 <i>Voorlopige conclusies en aanbevelingen</i>	37
Hoofdstuk 6 Boorcampagne (Geoprobe)	39
6.1 <i>Inleiding</i>	39
6.2 <i>Boorlocaties</i>	40
6.2.1 Kepkensberg (Ham)	40
6.2.2 Rodeberg (Scherpenheuvel-Zichem)	41
6.2.3 Kapittelberg (Aarschot)	41
6.2.4 Gasthuisbos (Lubbeek)	42

6.3	<i>Boorbeschrijvingen</i>	43
6.4	<i>Interpretatie</i>	46
Hoofdstuk 7	Laboproeven monster Kepkensberg	48
Hoofdstuk 8	Bachelor- en Masterproefschriften	50
8.1	<i>Masterthesis Dieter Van Campenhout</i>	50
8.2	<i>Bachelorproefschrift Laura Kupers</i>	51
8.3	<i>Masterproefschrift Evert Bourel</i>	52
Hoofdstuk 9	Alternatieve bouwmaterialen	53
9.1	<i>Inleiding – historische vervangmaterialen</i>	53
9.2	<i>Alios – Garluche (Frankrijk)</i>	53
9.3	<i>Carr - Carrstone – Carstone (UK)</i>	55
Hoofdstuk 10	Besluiten	58
	Literatuurlijst	60
	Bijlage 1	62
	Bijlage 2	72
	Bijlage 3	79
	Bijlage 4	91
	Bijlage 5	113

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1. Overzicht van de sonderingen uitgevoerd door VO-afdeling Geotechniek, met XYZ-coördinaten opgemeten voor de sonderingen uitgevoerd in februari 2008. De sonderingen uitgevoerd in april 2008 liggen in de onmiddellijke omgeving van de vroeger uitgevoerde sondering met hetzelfde nummer. De coördinaten van deze sonderingen werden niet opgemeten. _____	18
Tabel 2. In de figuren onderscheiden bestemmingen van het gewestplan. _____	22
Tabel 3. Lijst van 42 potentiële sites die voor verdere verkenning in aanmerking komen (zie Figuur 28). _____	24

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1. Situering van het studiegebied en overeenkomstige kaartbladen _____	2
Figuur 2. Extract uit de oude geologische kaart op schaal 1:40.000. _____	3
Figuur 3. Uittreksel uit de legende van de oude geologische kaart op 1:40.000. _____	4
Figuur 4. Uittreksel uit een notaboekje van A. Dumont. _____	4
Figuur 5. Uittreksel overgenomen uit Bos & Gullentops, 1999: kaartje met de verbreidingszone van Diestiaan zandsteen (grijze zone) met ligging van de voornaamste Diestiaan heuvels en nummering van de ontginningsplaatsen en holle wegen. _____	5
Figuur 6. Overzichtskaart met de overgenomen ontginningsplaatsen naar Bos & Gullentops, 1999 (rode ster = niet bevestigd, blauwe stip = bevestigd). _____	6
Figuur 7. Overzichtskaartje met de locaties van winningplaatsen volgens RLNH. _____	7
Figuur 8. Overzichtskaartje met de locaties van de plaatsen met vermelding van Zandsteen of 'grès' in Geodoc. _____	8
Figuur 9. Overzichtskaartje met de ligging van datapunten uit Geodoc waar ijzerzandsteen gevonden werd: in holle wegen (rode stippen) of in groeves (paarse driehoeken). _____	8
Figuur 10. Locatie van monumenten waarin ijzerzandsteen werd verwerkt, op basis van gegevens uit de databank natuursteen in monumenten (BGD). _____	9
Figuur 11. Screenprint van een zoekactie naar publicaties over ijzerzandsteen. _____	10
Figuur 12. Extract uit de oude topografische kaart van Diest (1870) waarop verschillende topografische aanduidingen worden teruggevonden die wijzen op abnormale steilranden met holle wegen, mogelijke uitbatingen of prospectieputten. _____	10
Figuur 13. Extract uit de NGI topografische kaart van 1973 (Wezemaal, Rotselaar) met locaties van vermoedelijke oude ontginningsplaatsen. _____	11
Figuur 14. Overzicht van de waarnemingspunten met betrekking tot de Formatie van Diest, naar J. Tallon. _____	12
Figuur 15. Google-map extract met de locatie van het Steenkot, Kelbergen. _____	14
Figuur 16. Publicatie over ijzerzandsteen van het Regionaal landschap Noord-Hageland. _____	15
Figuur 17. Archiefphoto van de laatst gekende ontginningsplaats van ijzerzandsteen in het Hageland. (overgenomen uit Bos & Gullentops, 1990) _____	15
Figuur 18. Beschrijving van het profiel door F. Halet, 1942. _____	16
Figuur 19. Locatie van de sondeer- en boorplaatsen. _____	17
Figuur 20. Grafiek van sondering S4 met aanduiding van verharde lagen (vermoedelijke zandsteenbankjes). _____	18
Figuur 21. Overzichtsfoto's werden genomen door VO, afdeling Geotechniek. De rode ellipsen wijzen op de aanwezigheid van ijzerzandsteenbankjes. _____	19
Figuur 22. Detailfoto's van de verhardingen (ijzerzandsteen) aangetroffen in de kernen, door M. Duser (BGD): respectievelijk (van links naar rechts en van boven naar onder: B4K7645, B4K8750, K12 1185, K13 1240. _____	20
Figuur 23. Corescanner (VITO) met doorgesneden kernbuis en inhoud. _____	21
Figuur 24. Compilatie van 16 volledige opnames met de corescanner van de openvolgende boorkernen (1m) van boring B4 (VITO). _____	21
Figuur 25. Digitaal Hoogtemodel gecombineerd met de topografische kaart en de locatie van groeven, exploitaties, holle wegen en andere waarnemingen (gekleurde bolletjes). De rode lijn is de verbreiding van de Formatie van Diest; de blauwe lijnen zijn de gemeentegrenzen van het RLNH. Detail van de regio ten oosten van Leuven, in Figuur 26. _____	20
Figuur 26. Detail uit figuur 25, omgeving ten oosten van Leuven. Idem legende als voor figuur 25. _____	21
Figuur 27. Ligging van 56 locaties (als "ontginning" uit de archieven geselecteerd) die niet in één of meerdere beperkende zones van het gewestplan voorkomen. _____	22

Figuur 28. Ligging van 42 potentiële sites die voor verdere verkenning in aanmerking komen. Voor identificatie van de sites zie Tabel 2. _____	23
Figuur 29. Prioritaire gebieden voor verdere prospectie – eerste keuze. _____	26
Figuur 30. Extract uit het gewestplan voor de zone Molenstede (Diest). _____	27
Figuur 31. Extract uit het gewestplan voor de zone Chartreuzenberg (Holsbeek). ____	27
Figuur 32. Extract uit het gewestplan voor de zone Mannenberg-Keiberg (Scherpenheuvel-Zichem). _____	28
Figuur 33. Extract uit het gewestplan voor de zone Kratenberg-Houwaertsgat (Aarschot-Nieuwenrode). _____	28
Figuur 34: Tweede keuze van prioritaire gebieden voor verdere exploratie. _____	29
Figuur 35. Extract uit het gewestplan: De Rodeberg in Averbode. _____	29
Figuur 36. Extract uit het gewestplan: De Kepkensberg in Ham. _____	30
Figuur 37. Locatie Grasbos. Heterogeen dik ijzerzandsteencomplex bestaande uit dikke zandsteenbanken en verijzeringen (geagglomerde limonietbandjes). _____	32
Figuur 38. Detail van de groevewand met differentiële verwerking. _____	32
Figuur 39. Site van de Mannenberg. _____	33
Figuur 40. Site van de Kapittelberg. _____	34
Figuur 41. Recente coupe in Hofheide. Deels geoxideerd glauconiethoudend zand met dunne limonietkorsten maar zonder de verwachte ijzerzandsteenbanken... Rechts een detailopname. _____	35
Figuur 42. Kepkensberg. Dikke ijzerzandsteenbank uitstekend boven deels geoxideerd grof glauconietzand met schelpfragmenten en bioturbaties. _____	35
Figuur 43. Losliggende blok ijzerzandsteen afkomstig van het talud. Deze blok werd opgehaald door Monument nv en verzaagd tot blokjes voor verdere testen. ____	36
Figuur 44. Kepkensberg: steenkern, afdruk van schelpen en "schelpgeesten" (opgeloste kalkschaal) in ijzerzandsteen. _____	36
Figuur 45. Kepkensberg. Ijzerzandsteenbank met sterk ondulerende basis en vermoedelijke laterale uitwijking (rechts). _____	37
Figuur 46. Voorbeeld van inventarisatie van de holle wegen in de omgeving van één van de 42 geselecteerde prospectiesites, hier de zone van de Kepkensberg in Ham. _____	39
Figuur 47. Boring met het Geoprobe-toestel in uitvoering. _____	40
Figuur 48. Locaties van de 2 boringen (1 en 2) op de Kepkensberg. _____	40
Figuur 49. Locaties van de boring (1) op de Rodeberg. _____	41
Figuur 50. Locaties van boring (1) en opgemeten ontsluiting (2) op de Kapittelberg. _____	41
Figuur 51. Locaties van boring (1) en opgemeten ontsluiting (2) op het Gasthuisbos. _____	42
Figuur 52. Kapittelberg. Ontsluiting langs weg (let op dikke ijzerzandsteenbank onderaan) met rechts detail van de toplagen vlak onder het oppervlak (tussen boomwortels). Grens tussen schollen en ijzerzandsteen is gemarkeerd met gele lijn. _____	47
Figuur 53. Gasthuisbos. Ontsluiting in wegberm locatie 2 op fig.51 . Dik pakket kleine ijzerscholletjes die het onderliggende geoxideerde glauconietzand ravineren (?). Allicht colluviale accumulatie van door vorstwerking gebarsten ijzerschollen. ____	47
Figuur 54. Verzagen van het blok ijzerzandsteen door Monument nv. _____	48
Figuur 55. Gedeeltelijk uit elkaar vallen van de blok ijzerzandsteen tijdens het verzagen. _____	49
Figuur 56. 12e eeuwse romaans kerkje van Casteth in Bonnut, gebouwd met alios. ____	54
Figuur 57. Gebruik van "alios" in een moderne constructie, Aureilhan, Landes (F.) ____	54
Figuur 58. Ontsluitingen van Carrstone in de kliffen van Hunstanton met detailfoto's van de lithostratigrafische context. _____	55
Figuur 59. De groeve van Snettisham waar Carrstone nog als bouwsteen wordt ontgonnen. _____	56
Figuur 60. De Holy Trinity kerk van Stow Bardolph, gebouwd in carrstone. _____	56
Figuur 61. Karakteristiek voorkomen van "carrstone" in cottages van Old Hunstanton, Norfolk, UK. _____	57

Hoofdstuk 1

INLEIDING

Deze (beperkte) studie over Diestiaan ijzerzandsteen kadert in het actieplan duurzaam ontginnen 2007-2011 van het Algemeen Oppervlakedelfstoffenplan (2008) waarbij de nood aan kennis omtrent bestaande reserves van restauratiemateriaal voor "Vlaamse" natuursteen wordt onderzocht. Er is immers een duidelijke behoefte aan streekeigen materiaal in Vlaanderen, vooral dan in het kader van restauratiewerken en conservatie van het Vlaamse architectonisch patrimonium. In Vlaanderen zijn het immers de lokale bouwstenen die een belangrijke bijdrage leveren tot de uitstraling en de streekgebondenheid van het bouwkundig erfgoed.

Met name in en rond het Hageland (Vlaams Brabant) wordt het architectuurbeeld sterk bepaald door het gebruik van ijzerzandsteen, met name dan Diestiaan ijzerzandsteen. Door zijn heterogeniteit bestaan er echter grote verschillen in kwaliteit, en hierdoor ook in verweringsgevoeligheid, van de gebruikte ijzerzandsteenblokken onderling, dikwijls zelfs in eenzelfde monument. De nood aan restauratiemateriaal is groot maar ook uiteenlopend, in functie van de verweringsgraad van het materiaal. Omwille van het behoud van deze streekgebondenheid wil men bij restauratie dan ook zo veel mogelijk originele en authentieke natuursteen gebruiken. Vele groeven zijn nu echter verdwenen, oude ontginningsplaatsen zijn niet meer of nauwelijks bekend. In functie van de restauratiebehoefte zou er dus moeten onderzocht worden of kleinschalige uitbating bij ons überhaupt nog mogelijk is.

Verschillende monumenten in ijzerzandsteen zijn momenteel zeer dringend aan restauratie en de hierin verwerkte verweerde natuursteen, aan vervanging toe. Bovendien lopen er verschillende initiatieven rond ijzerzandsteen binnen het Regionaal Landschap Noord Hageland (RLNH): vandaar dat er zich een eerste, verkennend onderzoek opdrong naar het voorkomen en de karakteristieken van Diestiaan ijzerzandsteen in het RLNH. Deze verkennende studie werd in opdracht van ALBON uitgevoerd door VITO, binnen de huidige referentietaak VLAKO, en dit in nauwe samenwerking met de Belgische Geologische Dienst. Er kon bovendien beroep gedaan worden op de hulp en kennis van het Regionaal Landschap Noord-Hageland, Natuurpunt Oost-Brabant, VO-Afdeling Geotechniek en diverse losse medewerkers.

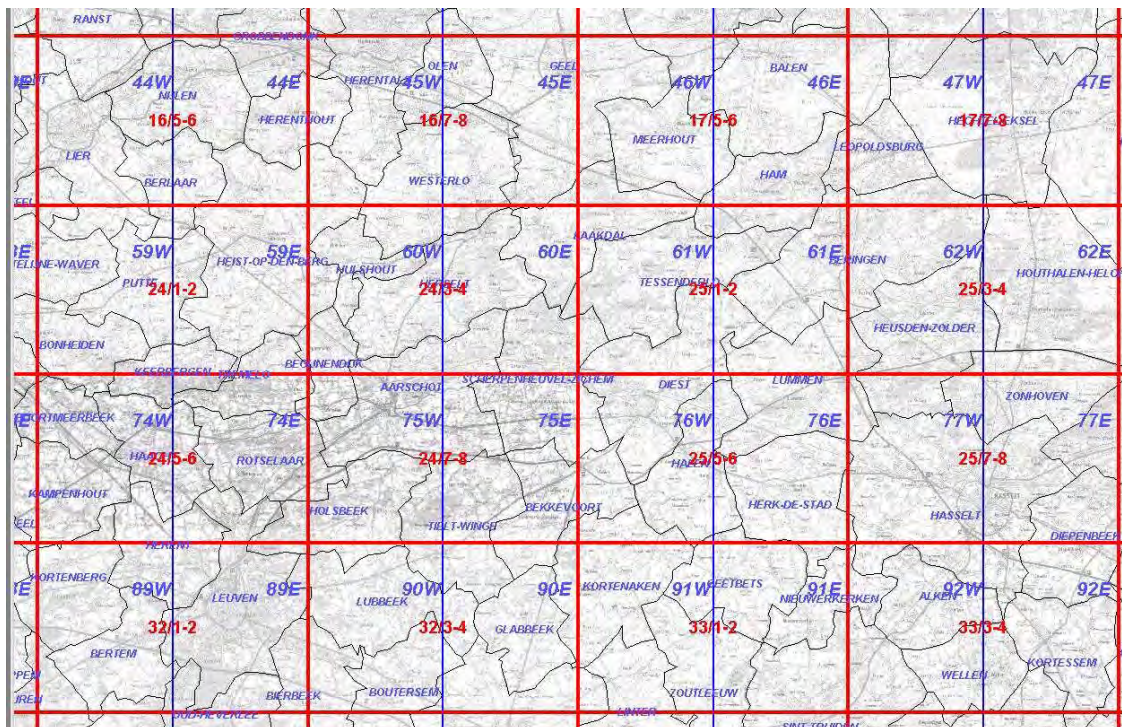
Hoofdstuk 2

ARCHIEFONDERZOEK (BGD)

Belangrijke informatie over het historisch voorkomen van ijzerzandsteen in groeven of in ontsluitingen, bevindt zich in geologische en in bouwhistorische archieven. Voor deze eerste verkennende studie werd hoofdzakelijk gebruik gemaakt van het geologisch archief (beschikbaar bij de Belgische Geologische Dienst) en van wetenschappelijke literatuurgegevens. Voor bouwhistorische data m.b.t. ijzerzandsteenwinning en het gebruik van ijzerzandsteen in historische gebouwen of monumenten, kan op termijn o.a. beroep gedaan worden op de diensten van het VIOE (Vlaams Instituut voor het Onroerend Erfgoed).

2.1 Geografische situering

Het studiegebied strekt zich uit over de provincies Antwerpen, Brabant en Limburg met als voornaamste steden: Leuven, Aarschot, Diest, Lummen en Hasselt. De ligging van het studiegebied werd bepaald op basis van het voorkomen van de Formatie van Diest, glauconiethoudende zanden waarin ijzerzandsteenbanken voorkomen. In dit gebied komt de formatie van Diest aan de oppervlakte of ligt ze onder een relatief dunne bedekking van Quartair.



Figuur 1. Situering van het studiegebied en overeenkomstige kaartbladen

2.2 Inventarisatie puntvoorkomens ijzerzandsteen

2.2.1 Inleiding

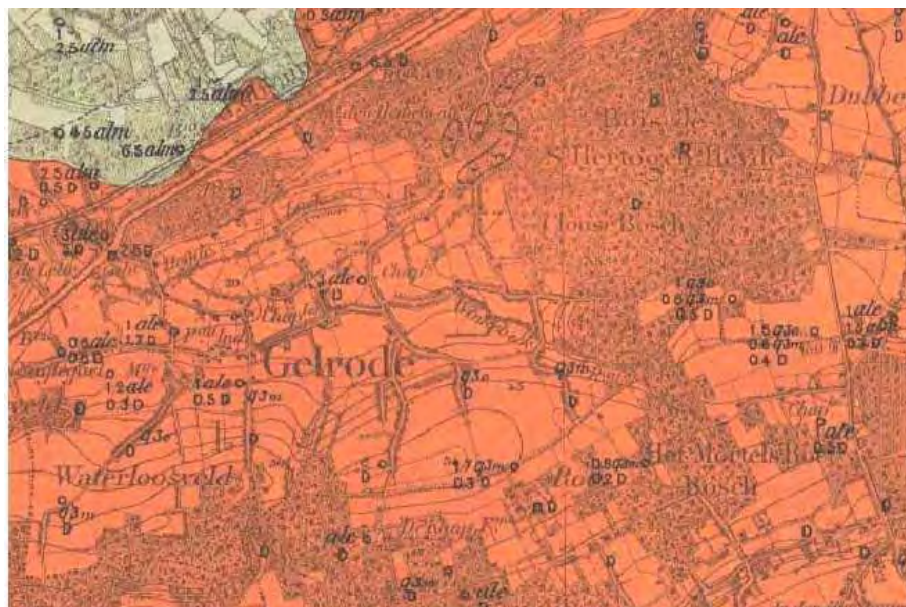
Om een idee te krijgen waar ijzerzandsteen voorkomt in het onderzoeksgebied en waar dit materiaal ooit werd gebruikt, werden verschillende vlot toegankelijke archieven geconsulteerd. Wellicht is er nog veel meer informatie beschikbaar in de bouwhistorische of geschiedkundige archieven of in de archieven van heemkundige kringen: deze extra informatiebronnen werden tot nu toe echter niet onderzocht wegens gebrek aan tijd voor deze overigens zeer tijdrovende en arbeidsintensieve activiteit.

2.2.2 Beschikbare data

→ *Geologische kaarten op schaal 1:40.000 (1893-1905)*

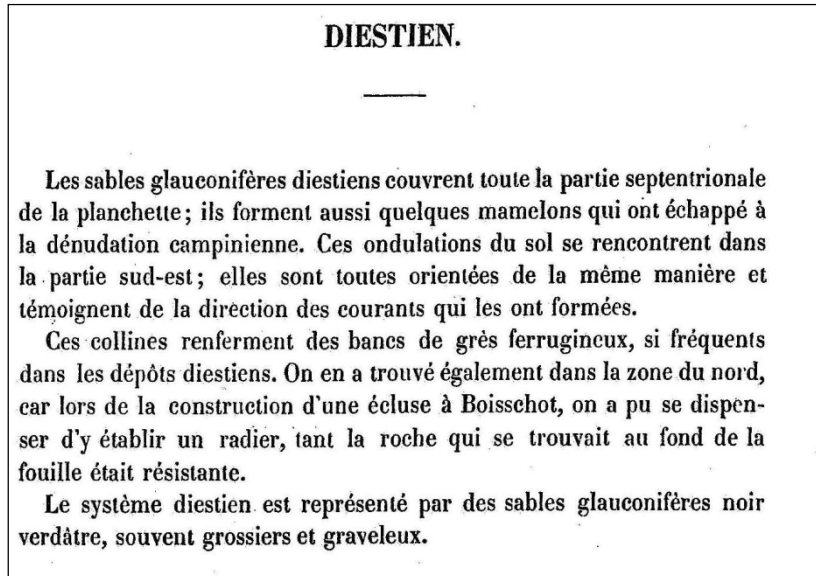
De oude geologische kaarten (Figuur 2) werden opgesteld einde 19e - begin 20ste eeuw. Grote exploitaties werden op deze kaarten aangeduid met een symbool van gekruiste hamertjes. Er werd binnen het karteergebied, in de Formatie van Diest (op de kaart Diestien), op de oude geologische kaarten geen enkele exploitatie aangeduid. Dit kan er op wijzen dat de meeste exploitaties van geringe omvang waren of slechts van tijdelijke aard.

Langs de verschillende wegen werden zeer veel ontsluitingen van "Diestien" aangeduid met een grote letter "D". We kunnen echter niet achterhalen of het hier om Diestiaan zand of zandsteen gaat, zonder de originele nota's in detail te bekijken. Deze waarnemingspunten zijn niet opgenomen in de publieke archieven van de Belgische Geologische Dienst, maar kunnen wel op aanvraag ingekeken worden.



Figuur 2. Extract uit de oude geologische kaart op schaal 1:40.000.

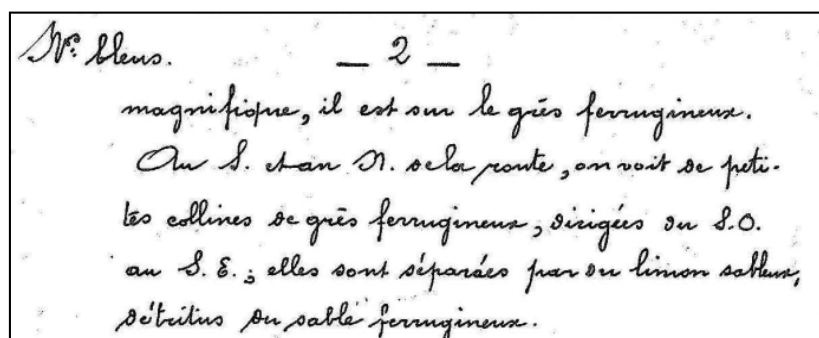
Bij de geologische kaarten horen toelichtingen ("verklarende teksten" of "textes explicatifs") (Figuur 3). Deze verklarende teksten werden (binnen het studiegebied) enkel opgemaakt voor de kaartbladen 59E, 60W, 75W, 90W. De boekjes bevatten geen concrete informatie over ijzerzandsteenwinning, wel aanwijzingen naar het voorkomen van ijzerzandsteen ("grès ferrugineux").



Figuur 3. Uittreksel uit de legende van de oude geologische kaart op 1:40.000.

→ **Nota's van de excursies van André Dumont in de periode 1842 – 1854**

Deze kleine notaboekjes met persoonlijke observaties ("notes de voyage d'André Dumont") werden nagekeken voor de kaartbladen 24/2-4-6-7-8, 25/1-2-6, 32/34. In deze teksten werden alleen de data geselecteerd die refereerden naar "grès ferrugineux" of "grès Diestien". Deze gegevens zijn enkel beschrijvende indicaties van vindplaatsen van brokstukken ijzerzandsteen en werden derhalve niet op kaart uitgezet (Figuur 4).

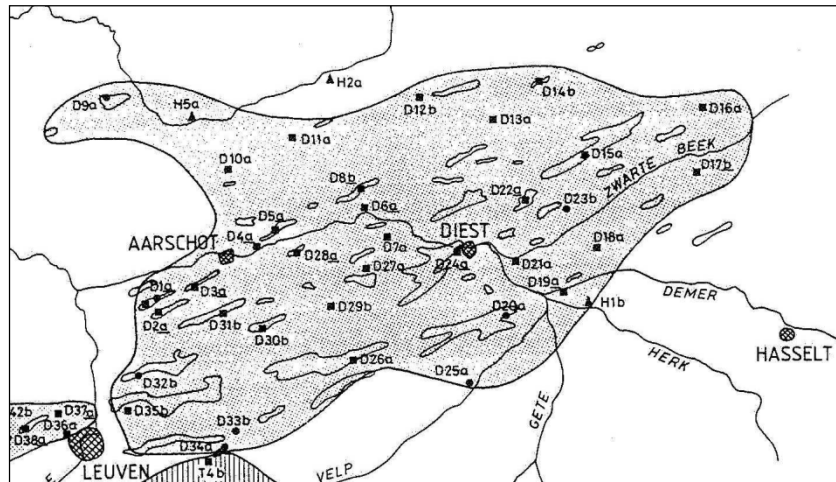


Figuur 4. Uittreksel uit een notaboekje van A. Dumont.

→ **Licentiaatthesis K. Bos en verwante artikels**

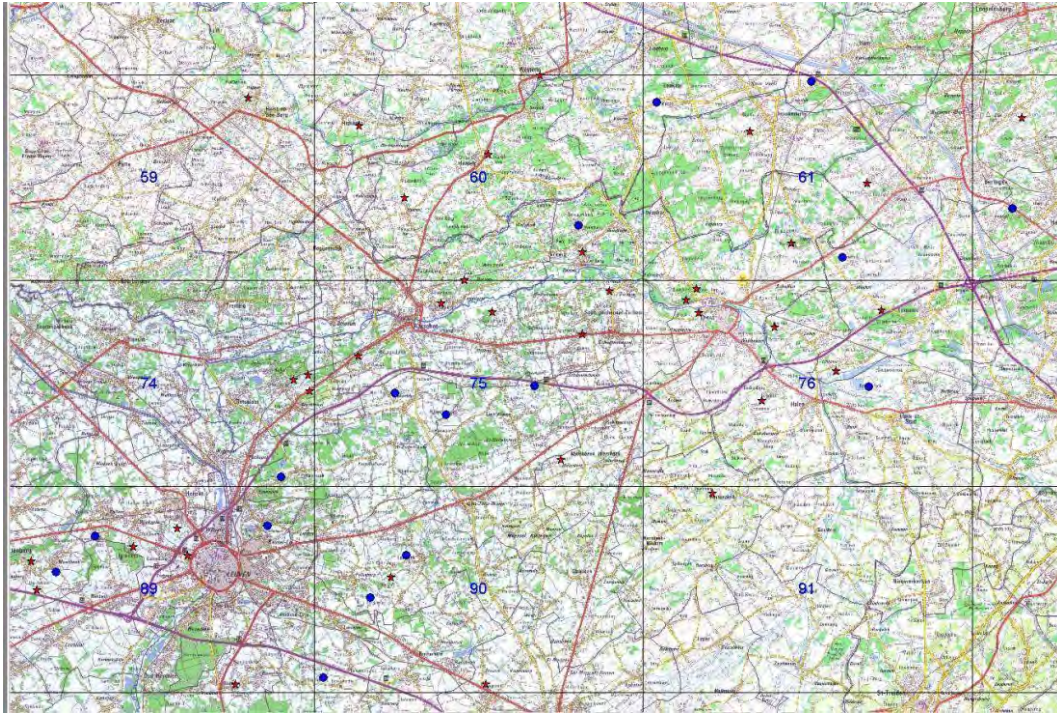
In het kader van een Masterthesis werd door K. Bos een studie uitgevoerd over het voorkomen en gebruik van de IJzerzandsteen in het Hageland (Bos, K., 1989: *The Saint*

Peter's church of Langdorp, Brabant. The ferruginous sandstone of Northern, Belgium. Eindwerk Centrum voor Monumentenzorg, KULeuven, 205 p.) Hij publiceerde als eerste een kaart met voorkomens van ijzerzandsteengroeves (zie Figuur 5 – ref. Bos & Gullentops, 1990: *IJzerzandsteen als bouwsteen in en rond het Hageland*. Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie, 99-2, pp. 131-151).



Figuur 5. Uittreksel overgenomen uit Bos & Gullentops, 1999: kaartje met de verbreidingszone van Diestiaan zandsteen (grijze zone) met ligging van de voornaamste Diestiaan heuvels en nummering van de ontginningsplaatsen en holle wegen.

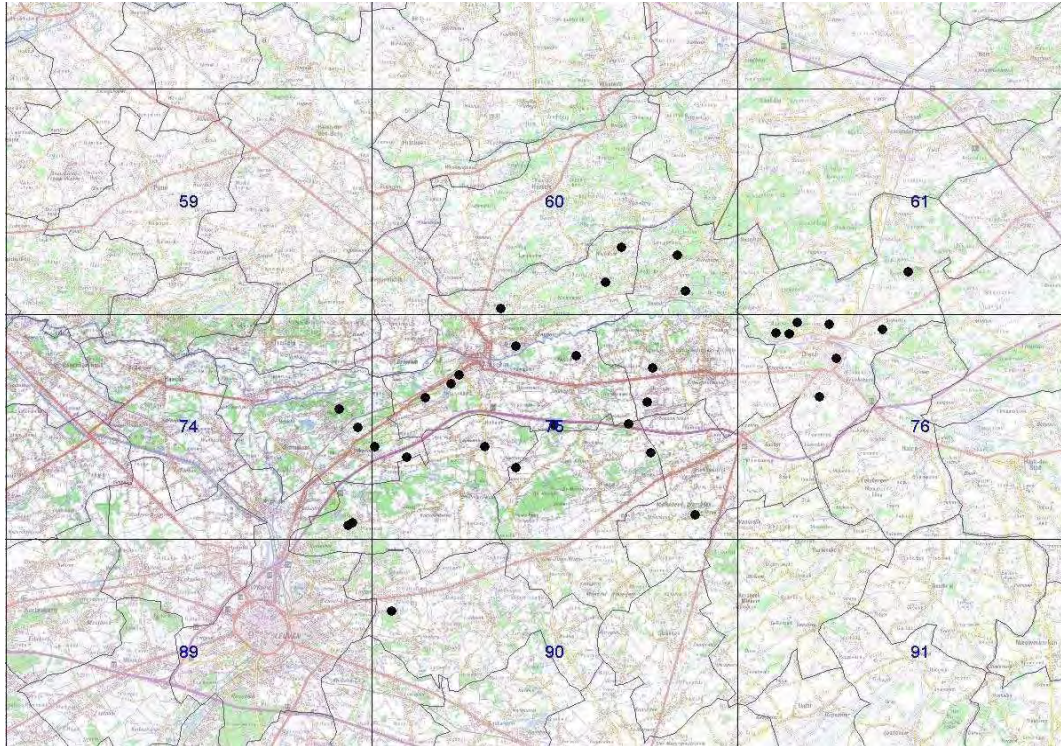
Er werden op deze kaart in totaal 42 locaties als ontginningsplaatsen van ijzerzandsteen weerhouden (Figuur 6). Dertien van deze plaatsen werden effectief bezocht door Bos. Slechts 2 van de bezochte plaatsen werden als ontginning bevestigd. Veertien van de niet bezochte plaatsen werden door de auteurs ook als ontginningsplaatsen erkend. Dit betekent dat slechts 16 van de 42 plaatsen als ontginningsplaats werden bevestigd tegenover 26 die niet konden bevestigd worden. Uitgaande van deze kaart werden de weerhouden locaties gedigitaliseerd en in een databank omgezet. Een probleem bij deze omzetting was het feit dat de ligging slechts bij benadering juist is, waarbij de coördinaten x en y van de topografische kaart werden afgelezen na het inscannen van de figuur uit de publicatie. De referenties die in de publicatie vermeld zijn, zijn ook niet altijd te achterhalen. Op de kaart komt het gebruikte symbool ook niet steeds overeen met de legende of beschrijving ervan (bvb. D30-D31 holle weg met symbool groeve). Eenzelfde code beslaat soms verschillende punten bvb D01.



Figuur 6. Overzichtskaart met de overgenomen ontginningsplaatsen naar Bos & Gullentops, 1999 (rode ster = niet bevestigd, blauwe stip = bevestigd).

→ ***Informatie van het Regionaal landschap Noord Hageland***

De provinciale organisatie Regionaal Landschap Noord Hageland zet zich o.m. actief in voor het behoud van het natuurlijk referentiekader van het Hageland, zijnde de ijzerzandsteenruggen, groeves, holle wegen en het ijzerzandsteengebruik (RLNH, 2007). Het RLNH bezorgde ons een lijst met een omschrijving van verschillende door hen gekende (historische) ontginningsplaatsen. De coördinaten van deze locaties werden opgezocht op basis van de omschrijving. De gegevens werden toegevoegd aan de dataset. Het was niet altijd evident om de omschrijving naar een x en y coördinaat om te zetten. De ligging is dus vrij benaderend. Verder was er ook geen informatie beschikbaar over de juiste aard en/of grootte van de verschillende winningsplaatsen.

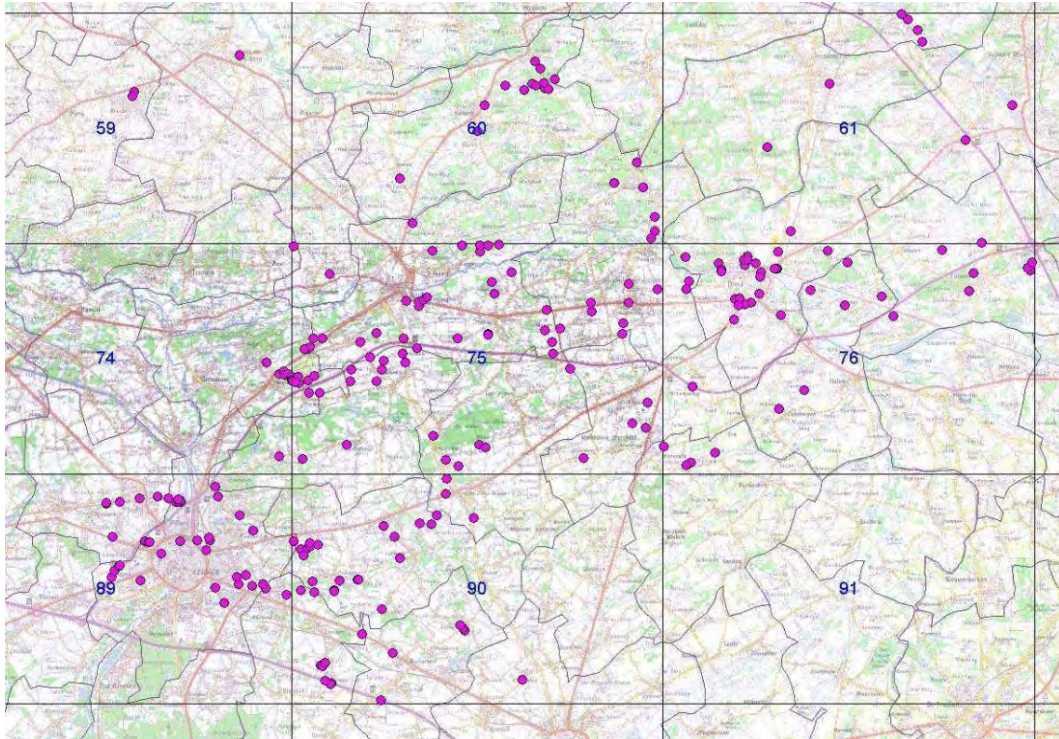


Figuur 7. Overzichtskartaal met de locaties van winningplaatsen volgens RLNH.

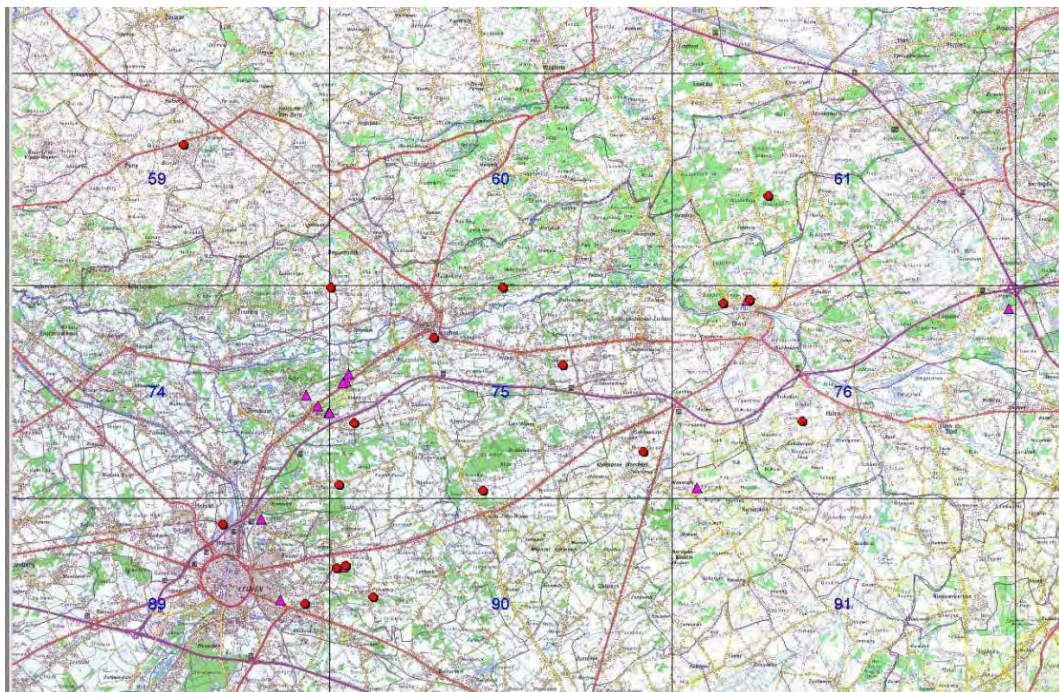
→ ***Archieven van de Belgische Geologische Dienst***

Databank Geodoc

In de databank van de Belgische Geologische Dienst (Geodoc), waarin het archief volledig tekstueel is opgenomen, werd een zoekactie verricht naar de trefwoorden "grès" en "zandsteen" binnen het studiegebied. Hieruit resulteerde een aantal waarnemingspunten die op kaart werden uitgezet. Deze waarnemingspunten slaan niet noodzakelijk op groeves, maar vermelden veelal ontsluitingen. Ook ijzerzandsteen vermeld in boorbeschrijvingen werden op deze manier geselecteerd. Op deze manier verkrijgen we een indicatie over het mogelijk areaal van de natuurlijke voorkomens van ijzerzandsteen.



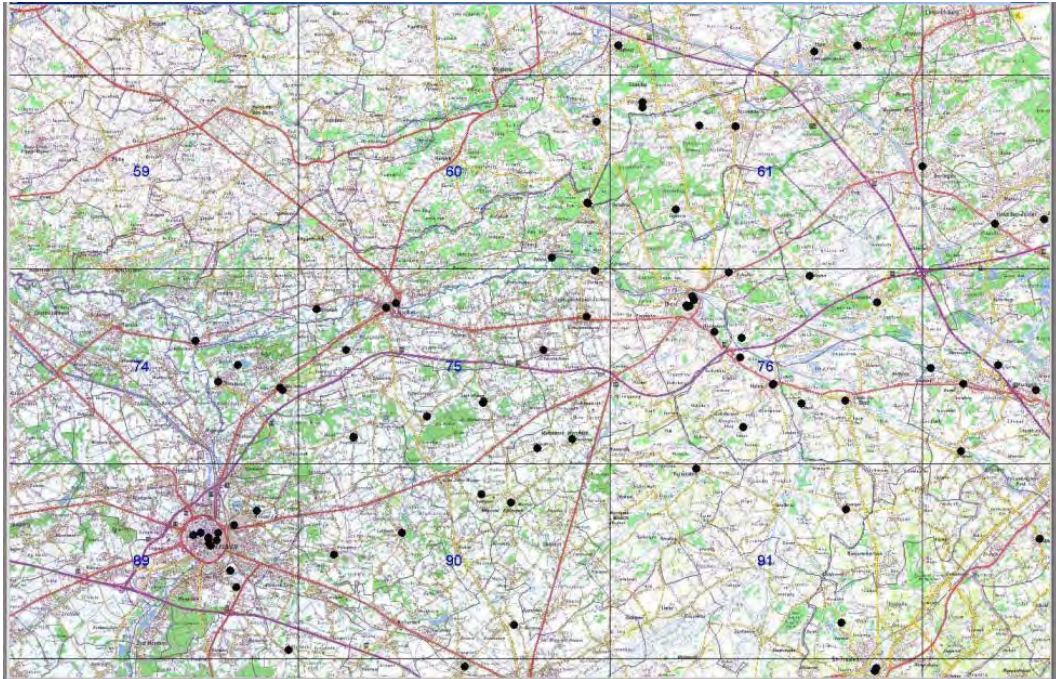
Figuur 8. Overzichtskaartje met de locaties van de plaatsen met vermelding van Zandsteen of 'grès' in Geodoc.



Figuur 9. Overzichtskaartje met de ligging van datapunten uit Geodoc waar ijzerzandsteen gevonden werd: in holle wegen (rode stippen) of in groeves (paarse driehoeken).

Databank natuursteen in monumenten

De databank 'Natuursteen in België' bevat ook een luik waarin het gebruik van natuursteen in monumenten wordt weergegeven. In deze databank staat de naam van het monument, de omschrijving van de gebruikte steen en een determinatie vermeld, maar geen herkomst van de steen. Dit valt in de meeste gevallen nauwelijks te achterhalen. In de databank werden de locaties van het voorkomen van Diestiaan ijzerzandsteen in monumenten geselecteerd en op kaart gezet. In de meeste gevallen weerspiegelt het gebruik van deze steen ook min of meer het geologisch/geografisch voorkomen ervan.



Figuur 10. Locatie van monumenten waarin ijzerzandsteen werd verwerkt, op basis van gegevens uit de databank natuursteen in monumenten (BGD).

Literatuurlijst

De Belgische Geologische Dienst heeft een databank opgesteld van alle publicaties met betrekking tot de geologie van België. In deze databank wordt elk artikel gekoppeld aan een aantal sleutelwoorden, waaronder "natuursteen". Op die manier werd een lijst bekomen van alle wetenschappelijke artikels aanwezig in de databank met betrekking tot Diestiaan ijzerzandsteen. Specifieke publicaties werden hieruit geselecteerd en mee opgenomen in de referentielijst.

A	B	C	D	E	F
1	KBOSLUK	TITEL	AUTEURS	JAAR	VOLUME
2		COMPOSITION AND GENESIS OF THE FERRUGINOUS SANDSTONES OF THE DIEST AND THE 276 ROEDERLEE FORMATIONS (BELGIUM)	VAN RANST E. ; DE CONINCK F.	1962	91
3		996 IJZERZANDSTEEN ALS SLOWSTEEN IN EN ROND HET HAGELAND	Bos, K. ; Gullentops, F.	1990	99
4		Nota betreffende het gebruik van ijzerzandsteen uit de Formatie van Diest in het gebied ten westen van de 5385 Zenne	Fobe, B.	1990	99
5		Technische fiches van natuursteen gebruikt in België (Basaltlava, Blauwe hardsteen, Boldenaanzandsteen, 5751 Bontzandsteen, Doornikse kalksteen, Gobertangestein, Uzezer, Kalktu, Lincent-tufsteen)	Dusar, M. ; Dreesen, R. ; De Naeyer, A.	2003	Aflevering 15, II,3
6		Technische fiches van natuursteen gebruikt in België (Brusselaars-ijzerzandsteen, Carbon-zandsteen, 5754 Diestvaan ijzerzandsteen, Tobize-zandsteen)	De Naeyer, A. ; De Witte, E. ; Dreesen, R. ; Dusar, M.	2004	Aflevering 19, II,3
7		5989 Verhaalen uit de late Middeleeuwen: Bouwen met ijzerzandsteen in de Demerstreik	Doperé, F. ; Klinkaert, J. ; Minnen, B. ; Van der Eyken, M.	2003	Bouwkunst Bouwmeesters
8		5890 van de gotische architectuur in het hertogdom Brabant	Doperé, F.	2003	86
9		5927 Delfstoffen in Vlaanderen: Bouwsteen	Stogers, G. ; Nij, R.	1996	Delfstoffen in Vlaanderen
10		5929 IJzerzandsteen	Gullentops, F.	1996	Delfstoffen in Vlaanderen
11		8099 Groeves met een iJzer-sterk verhaal. De ijzerzandsteengroeves van het Hageland	Regionaal Landschap Noord-Hageland	2007	
12		8414 IJzerzandsteen, een verloren glorie?	Van Schaaybroeck, E.	2008	
13		4419 Les gres tertiaires exploités en Basse et Moyenne Belgique	Gullinck, M. ; Tavernier, R.	1947	Congrès 1947, Section Géologie
14		5586 Oude natuurlijke bouwmaterialen in Laag- en Midden-België	Gullinck, M.	1949	

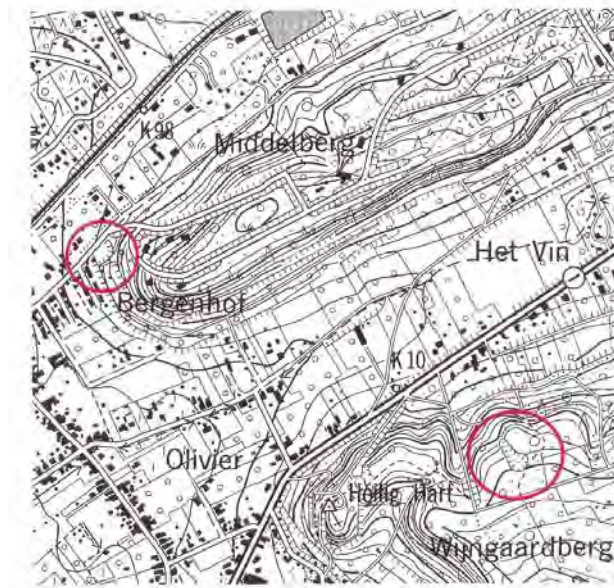
Figuur 11. Screenprint van een zoekactie naar publicaties over ijzerzandsteen.

Topografische kaarten

Binnen de geologische dienst worden van oudsher de waarnemingspunten op topografische kaarten uitgezet. Deze kaarten werden op verschillende tijdstippen vernieuwd. Op die manier zijn verschillende generaties van topografische kaarten beschikbaar waarop gezocht werd naar sporen van winning. In vele gevallen is een uitholling van de weg herkenbaar op de topografische kaart. We gaan er van uit dat in verschillende van deze holle wegen ook ijzerzandsteen werd ontgonnen en lokaal gebruikt is geweest. Specifieke bouwhistorische bronnen zouden hier allicht verder kunnen helpen.



Figuur 12. Extract uit de oude topografische kaart van Diest (1870) waarop verschillende topografische aanduidingen worden teruggevonden die wijzen op abnormale steilranden met holle wegen, mogelijke uitbatingen of prospectieputten.



Figuur 13. Extract uit de NGI topografische kaart van 1973 (Wezemaal, Rotselaar) met locaties van vermoedelijke oude ontginningsplaatsen.

→ **Informatie van derden & recente ontsluitingen**

Vooraf gedreven door geologische interesse en geboeidheid door de mooie natuur is Joris Tallon begonnen met het opstellen van een eigen databank van geologische ontsluitingen. Deze ontsluitingen kunnen tijdelijk of permanent zijn. Informatie werd opgezocht in DOV en gekoppeld aan een persoonlijke interpretatie en vele foto's. Het bijhouden van eerste datawaarnemingen op papier groeide al snel uit tot een heuse databank. In deze databank vonden we 56 door J. Tallon bezochte locaties, waarin ontsluitingen van de Formatie van Diest werd geïnterpreteerd. In de databank zelf wordt geen onderscheid gemaakt tussen plaatsen met en zonder voorkomen van ijzerzandsteen. Van een aantal locaties zijn handige datafiches opgesteld, zoals de Benninksberg te Nieuwrode.

Michiel Duser (BGD) heeft een extra lijst aangeleverd met locaties en coördinaten van recent waargenomen ontsluitingen, observatiepunten en mogelijke oude ontginningsplaatsen van ijzerzandsteen. Deze data werden mee in de lijst opgenomen.



Figuur 14. Overzicht van de waarnemingspunten met betrekking tot de Formatie van Diest, naar J. Tallon.

→ **Info van het VIOE**

Het VIOE werd gecontacteerd en aangeschreven om historische bronnen m.b.t. oude steengroeven of exploitaties van ijzerzandsteen na te pluizen en een mogelijke link met het gebruik ervan in historische gebouwen te onderzoeken. De resultaten van dit laatste archiefonderzoek werden tijdens verschillende vergaderingen in 2009 gerapporteerd aan de ad hoc werkgroep, die gecoördineerd wordt door het Regionaal landschap Noord Hageland (RLNH).

Thomas Van Driessche (VIOE) is gestart met archiefonderzoek naar natuursteengroeves en waar deze steen gebruikt werd. Opzoekingswerk in het rijksarchief brengt voornamelijk informatie vanuit Wallonië met zich mee. In de 19^{de} eeuw waren het voornamelijk gelegenheidsgroeves en geen grote exploitaties. In archiefbronnen wordt er ook gezocht naar sporen van groeves (wie waren/zijn de eigenaars, wie deed de export/exploitatie). De aanvraag tot vergunning gebeurde bij de Provincie en bij het toenmalig Ministerie van Mijnwezen. De heer Van Driessche haalt aan dat hierover weinig informatie te vinden is. Dit geldt eveneens voor de exploitatietechnieken. De link tussen de gebruikte steen en de afkomstige groeve kan best via archieven van de kerkfabriek of via de gekende architect van het gebouw en waar hij zijn stenen haalde. (de beste manier is via heemkundige kringen opzoekingswerk te laten doen). Mogelijk kan er ook meer gevonden worden in archieven net buiten de regio waar ook ijzerzandsteen is verwerkt (bv. richting Geel): lokale ontginningen voor lokaal gebruik zijn vaak minder goed in archieven terug te vinden dan wanneer er transport aan te pas kwam.

Recent (maart 2010) werden door Thomas Van Driessche nieuwe resultaten aangebracht ivm archiefonderzoek rond ijzerzandsteengroeves. Zo blijkt dat een steengroeve in Rotselaar (Middelberg) in de 16^e tot 18^e eeuw een belangrijke leverancier is geweest van bouwmateriaal voor o.a. de bouw van de St.-Sulpitiuskerk van Diest. Men spreekt zelfs van de "Rotselaar steen" als een goede-kwaliteitssteen. Dit is opmerkelijk gezien de nabijheid van steengroeven in de buurt van Diest. De stenen

van Diest waren dus van lagere kwaliteit en werden blijkbaar alleen gebruikt voor funderingen en als vulsteen. De goede ijzerzandstenen ("grauwen steen" of "pierres grises") kregen ook al een eerste bewerking in de groeve en er werd heel wat afval geproduceerd ("quaden steen") die met karren werd afgevoerd. De groeve van Rotselaar leverde ook in 1760 materiaal aan voor de bouw van de sluizen van de Leuvense vaart. Een steengroeve in Gelrode, vlak gelegen bij we weg van Leuven naar Aarschot, was actief tussen 1759 en 1775.

→ ***Weerhouden data***

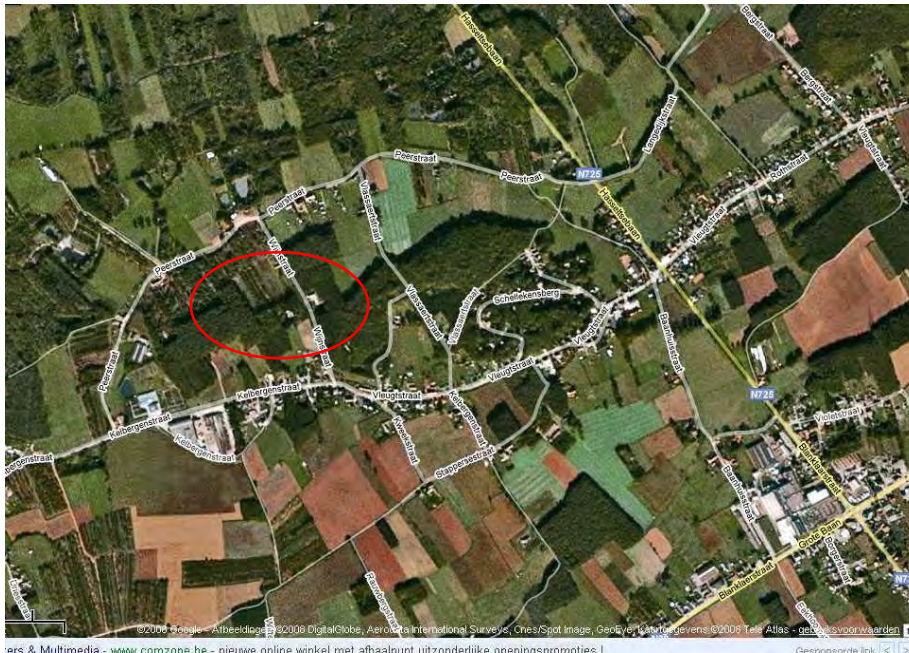
Een overzicht van de uiteindelijk weerhouden archiefgegevens m.b.t. het voorkomen van ontsluitingen, oude groeven en andere observatiepunten is opgelijst in Bijlage 1.

Hoofdstuk 3

GROEVE STEENKOT, KELBERGEN (GEOTECHNIEK, BGD, VITO)

3.1 Ligging

De oude groeve 'Steenkot' ligt op de Kelbergen te Schaffen, een deelgemeente van Diest. De toegang tot deze groeve ligt naast het huis in de Vlassaertstraat 6 te Schaffen. Dit gebied ligt op de topografische kaart Tessenderlo (geologisch kaartblad 61W – topografische kaart 25/1). De Lambert-coördinaten van de toegang zijn bij benadering: $x = 201540$ en $y = 190111$.

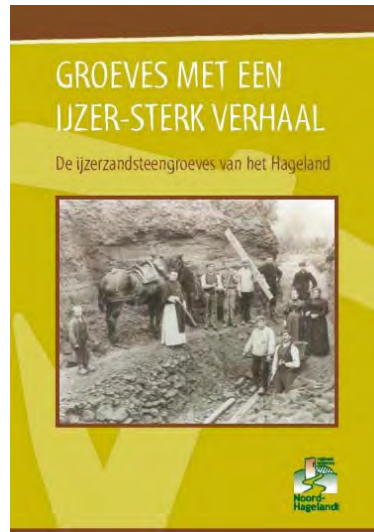


Figuur 15. Google-map extract met de locatie van het Steenkot, Kelbergen.

3.1.1 Bestaande gegevens

→ *Historische gegevens*

Brochure Regionaal Landschap Noord Hageland: Groeves met een ijzersterk verhaal. De ijzerzandsteengroeves van het Hageland. In deze brochure wordt op een aangename manier aan de hand van foto's, tekeningen en interviews een mooi overzicht gegeven over de winning van ijzerzandsteen in het Hageland.

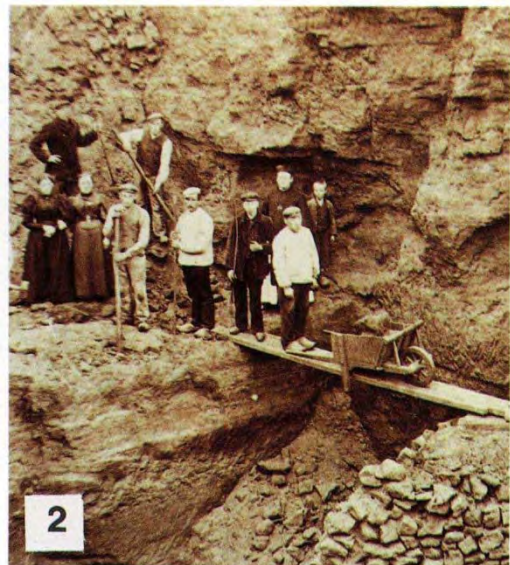


Figuur 16. Publicatie over ijzerzandsteen van het Regionaal landschap Noord-Hageland.

In het artikel van Bos en Gullentops, 1990, wordt de groeve Steenkot vermeld als laatste ontginningsplaats van de ijzerzandsteen. In dit artikel staat ook een foto van de groeve.

VINDPLAATSEN (kaart II)

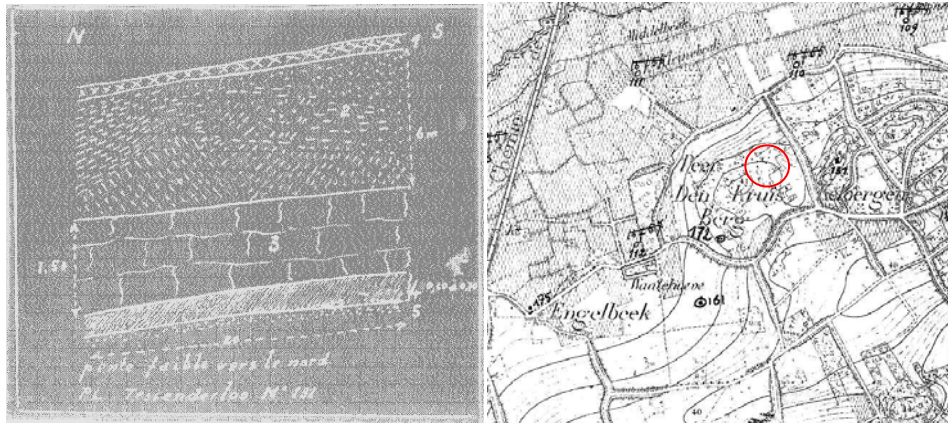
- Uit het "Steenkot" van de Kelbergen te Schaffen (D22) werd nog ijzerzandsteen getrokken tot ca. 1950 (plaat 2, foto 2). Dit was de laatste groeve waar diestiaan bouwsteen ontgonnen werd, vooral voor gebruik in restauratiewerken (Raymaekers, 1870, blz. 66 ; Gulinck & Tavernier, 1947, blz. 179 ; Gulinck, 1949, blz. 26). Steen uit de Kelbergen werd o.a. gebruikt voor de bouw van de Sint-Sulpiciuskerk en de Onze-Lieve-Vrouwkerk te Diest (plaat 4, foto 2), zoals blijkt uit archiefteksten die teruggaan tot 1380 (Claes *et al.*, 1989, blz. 90-91/230-244).



Figuur 17. Archiefphoto van de laatst gekende ontginningsplaats van ijzerzandsteen in het Hageland. (overgenomen uit Bos & Gullentops, 1990)

→ **Archief Belgische Geologische Dienst – GeoDoc 61W0131**

De beschrijving, opgemaakt door Franz Halet op 9.7.1942 biedt geen duidelijke informatie over kwaliteit of duurzaamheid van de stenen in de zichtbare groevewand en zeker niet over de dieperliggende niveaus die toen al onder het puin en colluvium bedekt waren.



Figuur 18. Beschrijving van het profiel door F. Halet, 1942.

Van boven naar onder beschrijft F. Halet de volgende lagen:

- | | |
|---|-----------------|
| 1. IJzerachtige zandstenen in dunne laagjes | 0.50 tot 1.00 m |
| 2. Rood en geel kwartsachtig glauconiethoudend zand met veel buisvormige wormgangen, met kriskras gekruiste gelaagdheid | 6.00 m |
| 3. Roodbruine zachte zandstenen | 1.50 m |
| 4. Harde ijzerhoudende zandsteenbank; deze bank wordt dunner in noordelijke richting: | 0.50 tot 0.70 m |
| 5. Geel glauconiethoudend zand, zichtbaar over 0.10 m | |

Eigenaar van de steengroeve: M. Petrus Van Wing te Schaffen. De zandstenen zijn recent (na WO II) voor het herbouwen van de Sint-Trudokerk te Meerhout gebruikt.

3.1.2 Nieuw onderzoek

→ **Veldwerk: sonderingen en boringen**

Inleiding

Teneinde de juiste aard en kwaliteit van de versteningen (ijzerzandsteen) in het Diestiaan zand in de buurt van de laatst gekende ontginning (Steenkot, Kelbergen) te achterhalen, werd door de Belgische Geologische Dienst en de Afdeling Geotechniek een exploratiecampagne opgezet. Deze campagne omvatte achtereenvolgens het:

- vrijmaken van de toegangsweg tot de vooropgestelde boorplaats
- uitvoeren van sonderingen tot ca. 20m diepte
- uitvoeren van een gekerde boring tot ca. 20m diepte
- uitvoeren van laboproeven op monsters uit de kernboring (i.s.m. KULeuven en WTCB)

Mogelijke risico's en problemen

Alvorens van start te gaan werden een aantal mogelijk problemen opgelijst:

- Wisselende hardheid van het gesteente kan regelmatige kernhaal of penetratie diepsondering bemoeilijken en/of de resultaten kwalitatief verminderen.
- De geringe hardheid van het materiaal kan de uitvoering van testen bemoeilijken en/of beperken in aantal.
- Het effect van de tijd op het versteningsproces kan op korte tijdsperiode moeilijk geëvalueerd worden.
- Er is geen relevante kennis meer over gezochte steenkwaliteit bij vroegere commerciële ontginning, zodat onderzoek weinig gericht verloopt. Kennis van aangepaste steenbewerkingstechnieken moet opnieuw aangeleerd worden.

- Beperkte reserves op de Kelbergen, die misschien zullen nopen exploratie uit te breiden naar andere sites.

Deze kennis maakt het gemakkelijker de uitvoeringscampagne doeltreffender te plannen en het werk beter in te schatten.

Uitvoering

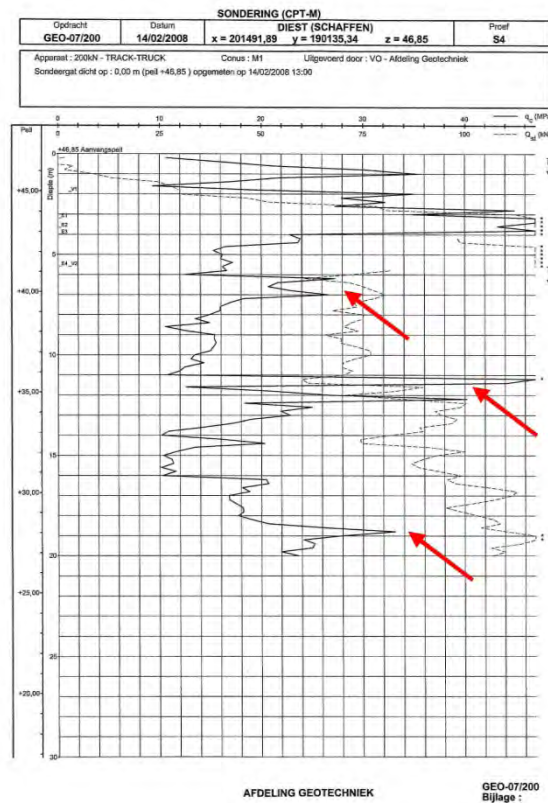
- Sonderingen en boringen:

De Vlaamse Overheid, afdeling Geotechniek stond in voor het uitvoeren van sonderingen en boringen. Ook voor hen was dit een uitdaging om een aantal nieuwe technieken uit te proberen in harde gesteenten. De ligging van de sonderingen en de boringen is weergegeven op figuur 19. Zij liggen op de noordflank van de Kelbergen, ten noorden van de groeve die zich in de westelijke topzone bevindt.



Figuur 19. Locatie van de sondeer- en boorplaatsen.

Op 14 en 15 februari 2008 werden de mechanische sonderingen S1, S1Bis, S2, S3 en S4 met een 200kN apparaat met M1 conus uitgevoerd. Door de aanwezigheid van de zandsteenbanken was het niet mogelijk om bij S1, S1Bis en S2 (langs de weg op ongeveer +40 m) te sonderen tot op grotere diepte. Deze sonderingen bleven steken op 2 tot 3m diepte. In april 2008 werd nogmaals getracht sonderingen uit te voeren op de locaties 1 en 2 (S1Ter, S1Quater, S2Bis, S2Ter: eveneens met een 200kN apparaat maar met een M4 conus) en met toepassing van pneumatisch hameren. Doch, zelfs met pneumatisch hameren lukte het niet om te sonderen doorheen de harde zandsteenbanken. Vermoedelijk zijn hier de bovenste meters langs de weg opgehoogd met steenachtige materialen en hard aangestampd door vrachtverkeer, wat dieper sonderen verhinderde. De hoger gelegen sonderingen (S3 en S4) bereikten beiden de vooropgestelde 20 m diepte (deze sonderingen werden ook mechanisch uitgevoerd met een 200kN apparaat en M1 conus op 14-15 februari 2008). Hoewel de sonderingen 3 en 4 vrij dicht naast elkaar werden uitgevoerd en de maaiveldhoogte nagenoeg gelijk is, vertonen beide sonderingen een licht verschillend patroon. De grote weerstand op ongeveer +35 m is in beide gevallen wel duidelijk herkenbaar. Beide curven vertonen ook een duidelijke verhoging van de weerstand rond + 40 m en + 28 m. Verharde lagen (ijzerzandsteenbanken?) worden op de plaats van de sondering dus verwacht rond 6, 11 en 18 m diepte (zie Figuur 20).



Figuur 20. Grafiek van sondering S4 met aanduiding van verharde lagen (vermoedelijke zandsteenbankjes).

Tabel 1. Overzicht van de sonderingen uitgevoerd door VO-afdeling Geotechniek, met XYZ-coördinaten opgemeten voor de sonderingen uitgevoerd in februari 2008. De sonderingen uitgevoerd in april 2008 liggen in de onmiddellijke omgeving van de vroeger uitgevoerde sondering met hetzelfde nummer. De coördinaten van deze sonderingen werden niet opgemeten.

nr	Z	X	Y
GEO S1	40.18	201511	190178
GEO S1bis	40.01	201515	190172
GEO S1ter			
GEO S1quater			
GEO S2	40.16	201521	190163
GEO S2bis			
GEO S2ter			
GEO S3	46.39	201495	190142
GEO S4	46.85	201491	190135

Om een zo goed mogelijk idee te krijgen van de ondergrond en de mogelijkheid te bieden voor latere analyses werden 2 boringen (061W194 – GEO07/200-B2; 061W195 – GEO07/200-B4) uitgevoerd met continue bemonstering. Op technisch vlak vormden deze boringen een hele uitdaging omdat de harde zandsteenlagen afwisselen met zandige lagen. De boortechniek moest bijgevolg afgestemd worden op een mogelijke sterke en snelle afwisseling tussen hard en zacht materiaal waarbij een optimale kernwinning moest worden gerealiseerd. Het risico van een kleine winning en gestoorde en verschoven grondkernen was enorm groot bij uitvoering van een kernboring, zelfs met een drievoudige kernbuis. Om deze reden werd een continue droogboring uitgevoerd. Hierbij wordt een ramkernboor in de bodem geheid met een valgewicht van ca. 300 kg. De uitvoering van deze boring met overboortechniek is uniek in Europa. Op de plaats in de omgeving van S2 werd een diepte van 4 m bereikt. Op de plaats nabij S4 werd een totaal van 16 m doorboord. De boorbeschrijvingen zijn toegevoegd in bijlage 2. De exacte coördinaten werden niet opgemeten. De coördinaten van de corresponderende sonderingen werden overgenomen omdat deze in de onmiddellijke nabijheid werden uitgevoerd. Overzichtsfoto's werden genomen door VO, afdeling Geotechniek (Figuur 21). Detailfoto's werden genomen op de Belgische Geologische Dienst (M. Duser) (Figuur 22). De volledige kernlengte werd ook m.b.v. een Corescanner (VITO) gedigitaliseerd (Figuur 23 en Figuur 24).



Figuur 21. Overzichtsfoto's werden genomen door VO, afdeling Geotechniek. De rode ellipsen wijzen op de aanwezigheid van ijerzandsteenbankjes.



Figuur 22. Detailfoto's van de verhardingen (ijzerzandsteen) aangetroffen in de kernen, door M. Duser (BGD): respectievelijk (van links naar rechts en van boven naar onder): B4K7645, B4K8750, K12 1185, K13 1240.



Figuur 23. Corescanner (VITO) met doorgesneden kernbuis en inhoud.



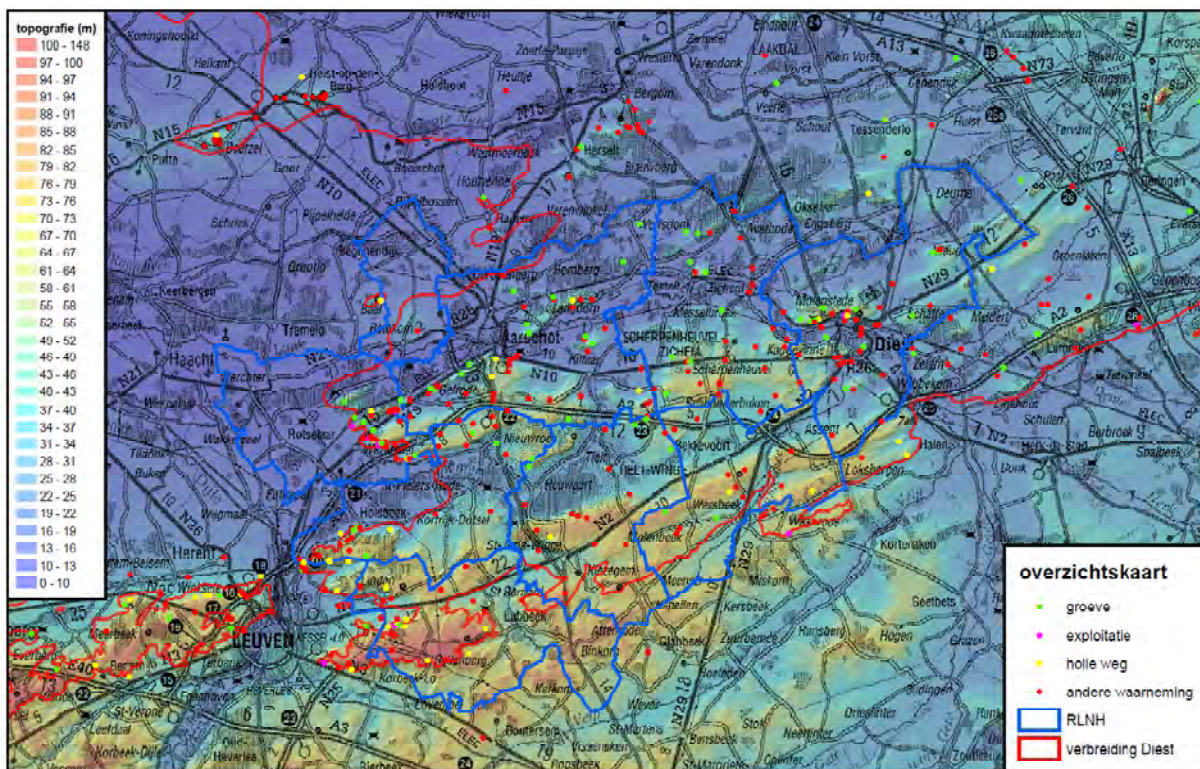
Figuur 24. Compilatie van 16 volledige opnames met de corescanner van de opeenvolgende boorkernen (1m) van boring B4 (VITO).

4.1 Controle van de data

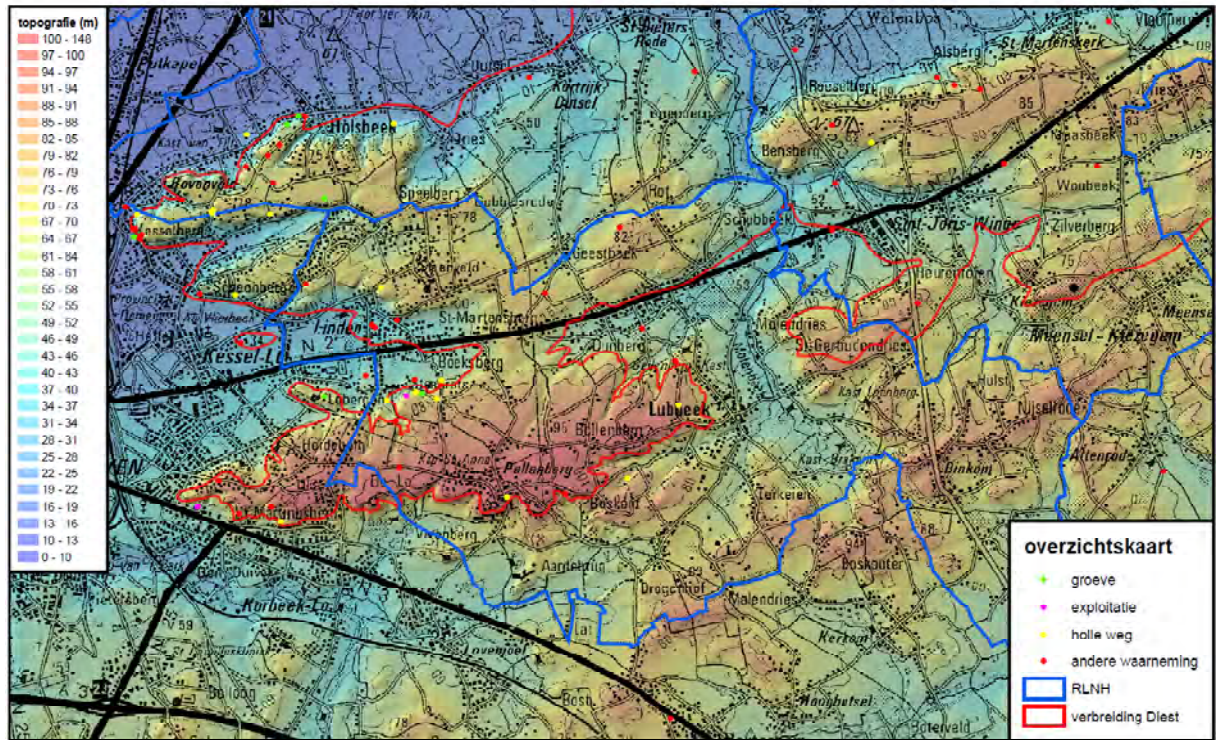
Voorafgaand aan de digitale verwerking werden alle data die gelokaliseerd waren buiten de effectieve voorkomengrens van het Diestiaan, kritisch nagekeken en waar nodig verwijderd uit de databank. Het gaat hierbij om voorkomens van fragmenten van ijzerzandsteen herwerkt in het Quartair, foutieve coördinaten of voorkomens van zandsteen ("grès") met een verschillende geologische origine. De definitieve lijst van observatiepunten is opgenomen in bijlage 1.

4.2 DHM en topografische kaart

De weerhouden data werden op topografische kaart geplot samen met het Digitaal hoogtemodel voor Vlaanderen (DHM) en de geologische voorkomengrens van het Diestiaan.



Figuur 25. Digitaal Hoogtemodel gecombineerd met de topografische kaart en de locatie van groeven, exploitaties, holle wegen en andere waarnemingen (gekleurde bolletjes). De rode lijn is de verbreiding van de Formatie van Diest; de blauwe lijnen zijn de gemeentegrenzen van het RLNH. Detail van de regio ten oosten van Leuven, in Figuur 26.



Figuur 26. Detail uit figuur 25, omgeving ten oosten van Leuven. Idem legende als voor figuur 25.

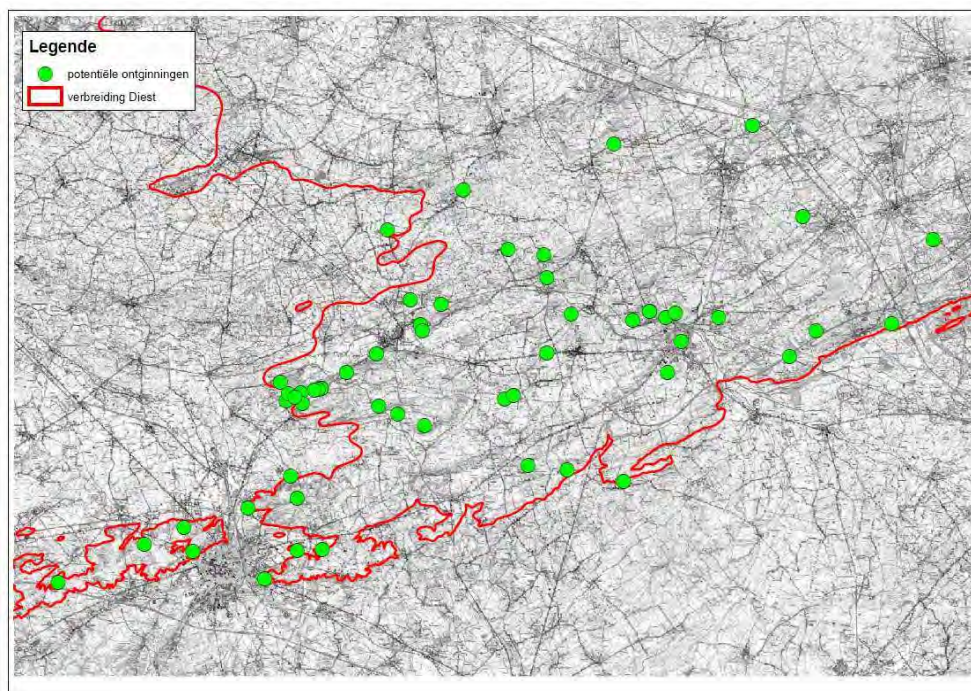
4.3 Toetsing aan het gewestplan en selectie van prospectiegebieden

De locaties die als "ontginning" of "groeve" uit het archiefonderzoek werden weerhouden, en hun ligging getoetst aan de verschillende bestemmingen van het recentste gewestplan. Uit deze analyse blijkt dat van de 89 weerhouden "ontginningen" 43 locaties niet in aanmerking komen omdat ze zouden liggen in sterk beperkende zones (9 in "beschermd landschap", 7 in "vogelrichtlijngebied", 14 in "habitatrichtlijngebied" en 13 in "VEN-gebied"). De ligging van de overige locaties is als volgt verdeeld (opmerking: een locatie kan gelijktijdig in verschillende zones van het gewestplan voorkomen):

- 27 in woongebied
- 23 in landbouwgebied
- 1 zandgroeve van Openbare Werken
- 7 in parkgebied - 23 in natuurgebied
- 1 in natuurreservaat

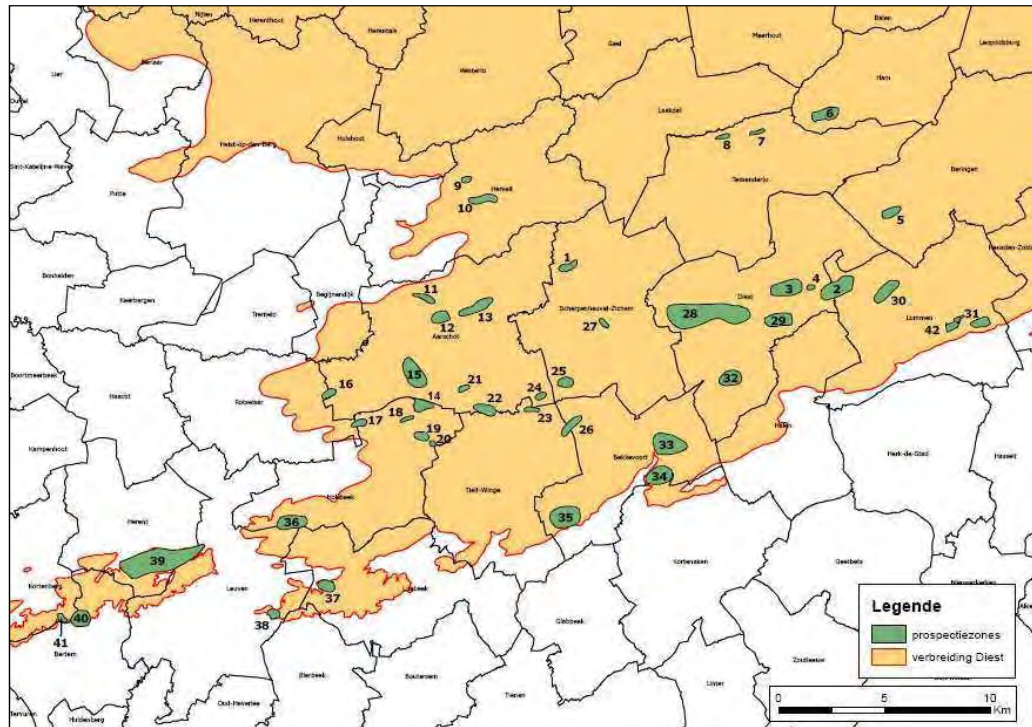
Tabel 2. In de figuren onderscheiden bestemmingen van het gewestplan.

TITEL	CODE
woongebieden	0100
woongebieden met cultureel, historische en/of esthetische waarde	0101
woongebieden met landelijk karakter	0102
woongebieden met landelijk karakter en cultureel, historische en/of esthetische waarde	0103
woonpark	0104
woonuitbreidingsgebieden	0105
gebieden voor gemeenschapsvoorziening en openbaar nut	0200
recreatiegebieden	0400
gebieden voor dagrecreatie	0401
parkgebieden	0500
bufferzones	0600
groengebieden	0700
natuurgebieden	0701
natuurgebieden met wetenschappelijke waarde of natuurreservaten	0702
bosgebieden	0800
agrarische gebieden	0900
landschappelijk waardevolle agrarische gebieden	0901
industriegebieden	1000
milieubelastende industrie	1002
ambachtelijke bedrijven en kmo's	1100
bezinkingsgebied (afvalwater nabijgelegen fabrieken)	1332
militaire gebieden	1400
bestaande autosnelwegen	1500



Figuur 27. Ligging van 56 locaties (als "ontginning" uit de archieven geselecteerd) die niet in één of meerdere beperkende zones van het gewestplan voorkomen.

Samen met collega's van het RLNH (Katty Wouters, Erwin Dunon) en Natuurpunt (Luc Vervoort) werd de ligging van de nog "gunstig" gelegen locaties verder kritisch bekeken op detailkaarten (DHM, topokaart & gewestplan). Tweeënveertig geografische gebieden werden in detail geanalyseerd en geëvalueerd. Een overzicht hiervan is weergegeven in Bijlage 3.



Figuur 28. Ligging van 42 potentiële sites die voor verdere verkenning in aanmerking komen. Voor identificatie van de sites zie Tabel 2.

Het viel op dat naast ligging binnen natuur- en bosgebieden, heel wat locaties binnen landbouwgebieden vallen. Na analyse van de overeenkomstige topografische kaarten en latere verkenning op terrein, blijken heel wat van deze landbouwgebieden echter niet zo waardevol (schrale, verruigde gebieden) te zijn. Idem voor bosgebieden: deze blijken soms weinig waardevol (bijv. naaldbos of verruigd). Voor tijdelijke en kleinschalige ontginning zal er overleg opgestart moeten worden tussen de verschillende verantwoordelijke beleidsdomeinen.

Voor Natuurpunt en RLNH zijn ontginningen binnen natuurgebied en aanverwante zones van het gewestplan (park, bos) alleen aanvaardbaar indien deze kleinschalig en ambachtelijk en gebeuren. Het inrichten van een didactische ontsluiting nadien, waarrond een educatief project kan opgestart worden en waaruit de link tussen geologie, natuur en cultuur duidelijk blijkt, zou zeker een pluspunt zijn. Hoewel dit op het eerste zicht beperkend is, kunnen locaties die binnen bosgebieden, parkgebieden en natuurgebieden vallen, eventueel toch in overweging genomen worden voor zover kleinschalige exploitaties kunnen worden geïntegreerd binnen milieu-educatieve projecten. Immers, de ontginning van ijzerzandsteen heeft in het verleden er o.a. ook toe geleid dat nieuwe ecologische niches ontstonden (door nieuw ontstane gradiënten) en dat er voor de flora en fauna extra biotopen werden gecreëerd (o.a. in en op verticale wanden) die lokaal een verhoogde biodiversiteit met zich mee heeft gebracht.

Tabel 3. Lijst van 42 potentiële sites die voor verdere verkenning in aanmerking komen (zie Figuur 28).

Nr	Naam	Gemeente 1	Gemeente 2
1	Rodeberg	Scherpenheuvel-Zichem	
2	Hertenrodeberg	Lummen	Diest
3	Schaffensveld	Diest	
4	Rauwberg	Diest	
5	Klitsberg	Beringen	
6	Kepkensberg	Ham	
7	Baalberg	Tessenderlo	
8	Wetsberg	Tessenderlo	
9	Limberg	Herselt	
10	Molenberg	Herselt	
11	Roodhuisberg -Gijmelberg	Aarschot	
12	Bloemberg	Aarschot	
13	Bosberg - Wijngaardberg	Aarschot	
14	Crematorium	Aarschot	Holsbeek
15	Kapittelberg	Aarschot	
16	Ijzeren Berg	Aarschot	Rotselaar
17	Hellegat	Holsbeek	Rotselaar
18	Kratenberg	Holsbeek	
19	Benninksberg	Holsbeek	
20	Houwaartsgat	Holsbeek	Tielt-Winge
21	Biezenhuiskes	Aarschot	
22	Tienbundersbos	Aarschot	Tielt-Winge
23	Mierenbos (Berkenheuvel Villa)	Tielt-Winge	Aarschot
24	Haksberg	Aarschot	
25	Slangenbergr - Hoensberg	Scherpenheuvel-Zichem	
26	Osseberg	Bekkevoort	Tielt-Winge
27	Vossekothol	Scherpenheuvel-Zichem	
28	Molenstede-Boven-Lange Berg - Lazarijberg	Diest	
29	Kerkeberg	Diest	
30	Geenrode - Schuilenbroek	Lummen	
31	Rekhoven	Lummen	
32	Kloosterberg	Diest	
33	Hermansheuvel	Bekkevoort	
34	Kapellekesberg	Bekkevoort	Kortenaken
35	Muggenberg	Bekkevoort	
36	Chartreuzenberg	Holsbeek	Leuven
37	Gasthuisbos	Lubbeek	
38	Predikherenberg	Leuven	
39	Ijzerenberg - Mollekesberg - Roeselberg	Herent	Leuven
40	Walenspot	Bertem	Kortenbergr
41	Steenberg	Kortenbergr	
42	Oostereinde	Lummen	

De verschillende geselecteerde gebieden werden binnen een interne werkvergadering van het Regionaal Landschap Noord Hageland systematisch op kaart bekeken en geëvalueerd. Op die manier werden een aantal opmerkingen toegevoegd, op basis van de 'ervaringen' op het terrein. De verschillende gebieden werden op 17 verschillende detailkaarten aangeduid. Een opsomming met opmerkingen van deze gebieden per

kaartblad volgt hieronder. De cijfers tussen de haakjes verwijzen naar de referentie in tabel 3.

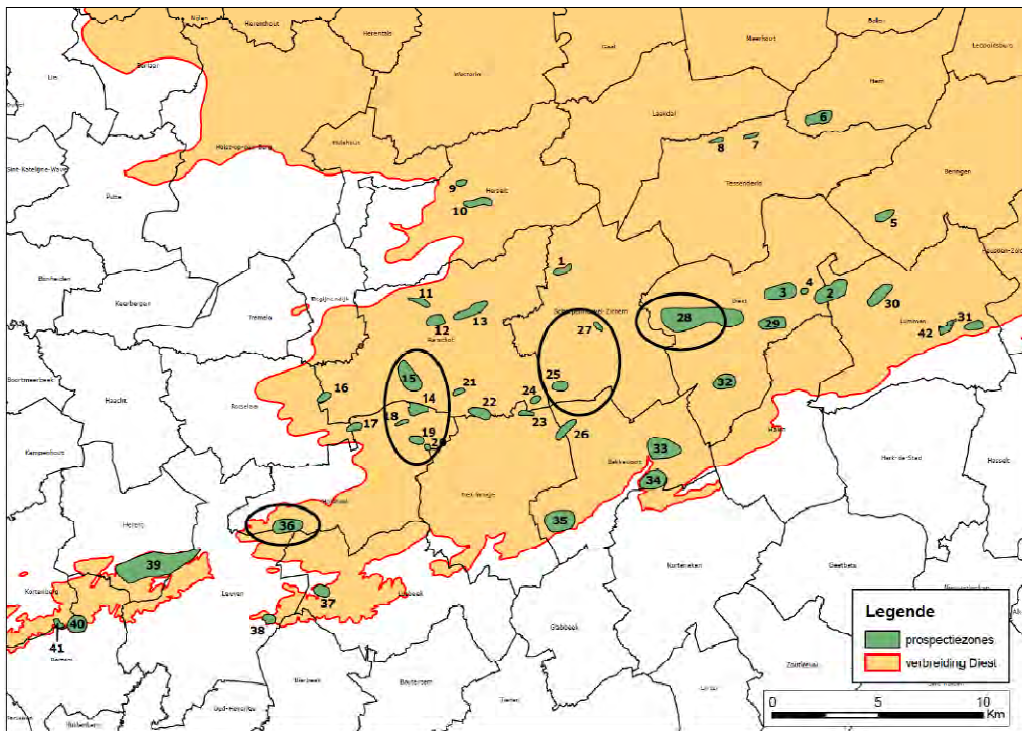
- **Wezenmaal – Gelrode**
 - vermelden in bouwvergunning – gemeente Rotselaar – Middelberg (16) – Heikantberg – verkavelingen opvolgen !
- **Diest**
 - Kalenberg – Blaasberg – Lange berg - idem – verkavelingen opvolgen!
 - Grote voorraad met goede steen
 - Site Molenstede (28) : eventueel project – educatief uitwerken – didactische plaats van maken en dat koppelen met ambachtelijke winning. Dat kan eventueel in parkgebied.
 - Stationsbuurt – Turnhoutse baan verleggen – Fort Leopold -> infrastructuurwerken waar ijzerzandsteen als nevenproduct kan bewaard worden.
 - Landbouwgebieden : zeer versnipperd en moeilijk te bereiken
 - Kloosterberg ??
 - Citadel Diest : in grote uitgraving Diestiaan, stenen gebruikt voor de wallen
- **Bertem – Herent (39-40-41)**
 - IJzerenberg tot Roeselberg – Verkavelingen
 - Aan kapel – oude groeven geweest
 - Gasthuisberg – brandweerkazerne – UZ grote uitgravingen
- **Holsbeek – Attenhove**
 - Chartreuseberg (36) – ook verkavelingen – Kloosterbos – Schoolbergen – Wijnbergen – op kaart J
 - Heel complex, eventueel in landbouwplaats bouwput maken en herstellen.
 - Chartreusebos – maar natuurgebied en habitat wel veel aanwezig
 - OCMW Leuven heeft daar ook gronden, te informeren
 - Typische steilwanden aanwezig
- **Langdorp – Aarschot**
 - Doornberg Bouwprojecten – verkavelingen
 - Roodhuisberg - Gijmelberg – uitbreiding kerkhof Aarschot, heel wat grondverzet
- **Lummen – niet veel mogelijkheden**
 - Industrierrein
 - Rekhoven
- **Nieuwrode (overlappend met kaartblad Aarschot)**
 - Hofheide Crematorium – provincie – al ok in bouwvergunning om reserves bij te houden
 - Benneberg – openbare werken – wordt opnieuw opgevuld, niet veel steen, meer zand
 - VMW – Kratenberg – een paar jaar geleden pompstation gebouwd, veel ijzerzandsteen uitgehaald
 - Tienbunderbos – schollen
 - Houwaertsgat – verlaten landbouwgebied = Tielt-Winge
- **Kessel-Lo – Lubbeek – geen prioriteit – weinig kennis**
 - Gasthuisbos
 - Kloosterbos – Schoolbergen – Wijnbergen – sluit aan bij Holsbeek
- **Scherpenheuvel – Zichem - weinig gekend**
 - Haksberg – verlaten landbouwgrond
 - Rodeberg
 - Slangenbergh ?
 - Keiberg – veel verkavelingen !
 - Manneberg – Keiberg – diverse gebieden met versnipperde landbouwgronden, met uitloper naar Vossekot op kaartblad Testelt
- **Tesselt**
 - Verkavelingen – bouwaanvragen
 - Uitloper Manneberg – Vossekot
- **Waanrode**
 - Hermansheuvel – ligt gevoelig
 - Kapellekesberg – oud crossterrein, stuk verlaten landbouwgrond
- **Herselt**
 - Limberg – verkavelingen
 - Molenberg – Klokkeberg – bos op landbouwgebied – niet OK
- **Tessengerlo**
 - Kepkensberg – zeker de moeite
- **Aarschot**
 - Kapittelberg – Hofheide – Hauwaertsberg – Benneberg (ligt ook op kaartblad Nieuwrode)
 - Leiberg – afgegraven door waterweg – ijstijdgeul, droog dal, typisch voor N-helling Diestiaanheuvels

Uit de 42 sites met mogelijk potentieel voor het aantreffen van ijzerzandsteen werden samen met collega's van Natuurpunt en het RLNH een aantal prioritaire gebieden of targets geselecteerd (zie Figuur 29). Dit zijn achtereenvolgens, als eerste prioriteit geklasseerde gebieden:

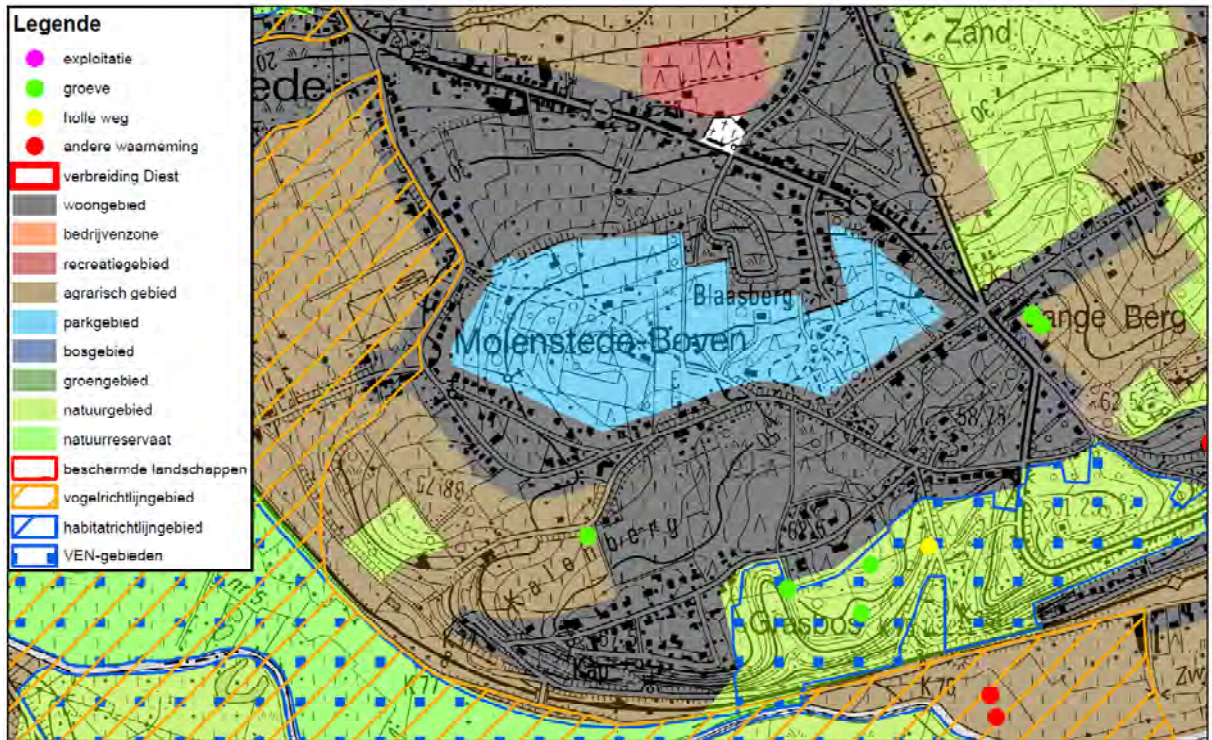
- Het gebied van Molenstede, rond het Grasbos, ten N van Diest (site n°28) educatief uit te werken project, in parkgebied - Figuur 30
- De Chartreuzenberg (Holsbeek-Attenhove) (site n° 36) met Kloosterbos-Wijnbergen in parkgebied & landbouwzone - Figuur 31
- Het gebied Mannenberg-Keiberg (Scherpenheuvel) (tussen sites n° 25-27), natuurgebied overgaand in landbouwzone – Figuur 32
- Het gebied Kratenberg-Hofheide-Houwaertsgat-Benneberg (Aarschot) (sites n° 1415-18-19) in landbouwzone hoofdzakelijk - Figuur 33

Vervolgens werd een tweede prioriteitslijst (zie Figuur 34) opgesteld:

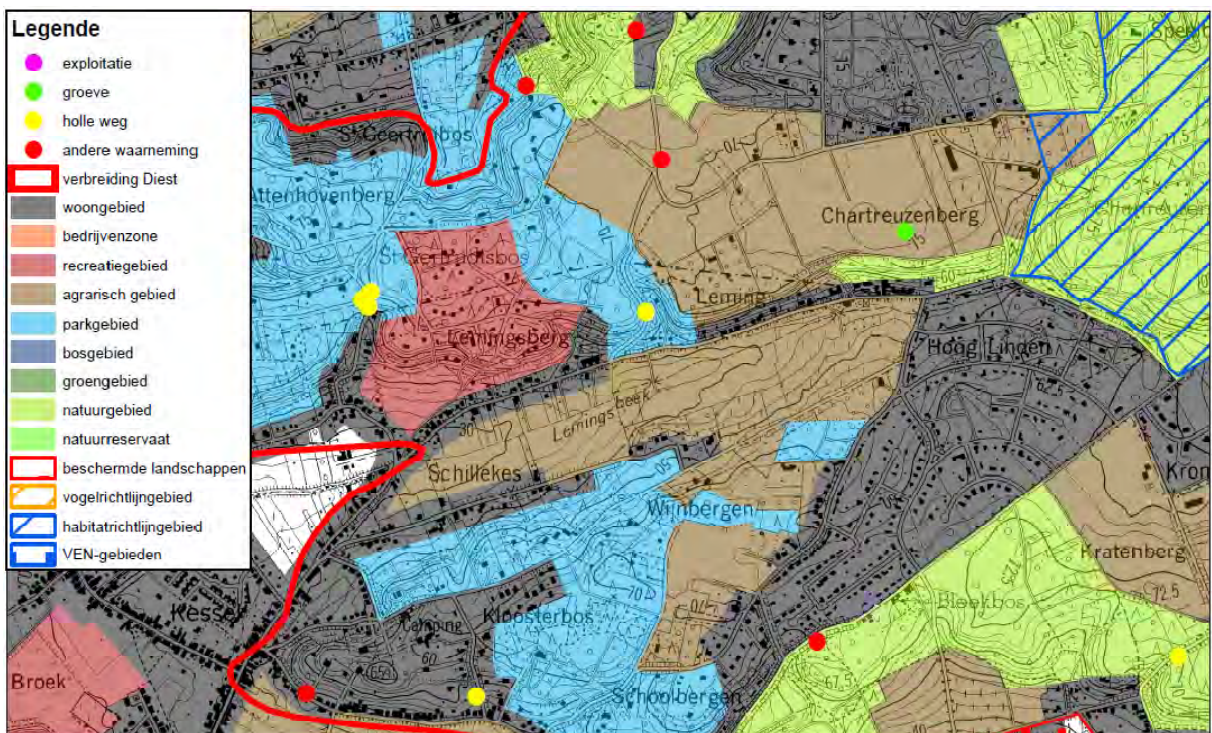
- De Rodeberg, ten W van Averbode – Figuur 35
- De Kepkensberg bij Tessenderlo – Figuur 36



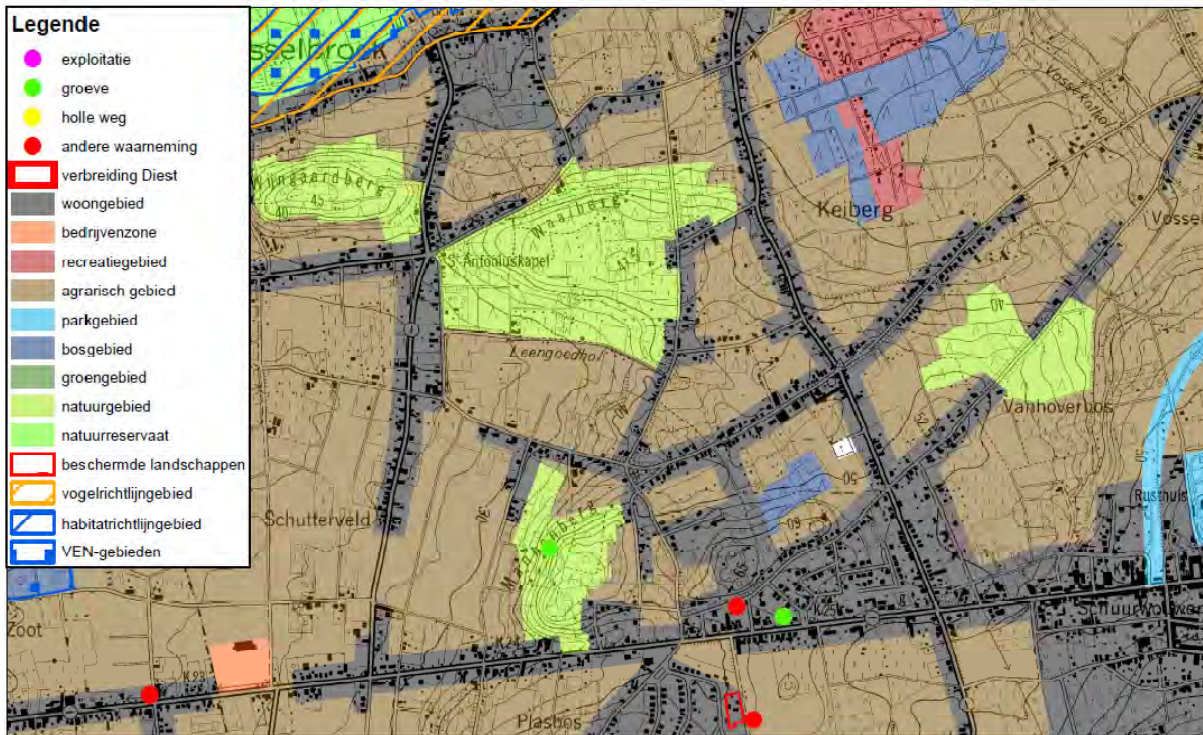
Figuur 29. Prioritaire gebieden voor verdere prospectie – eerste keuze.



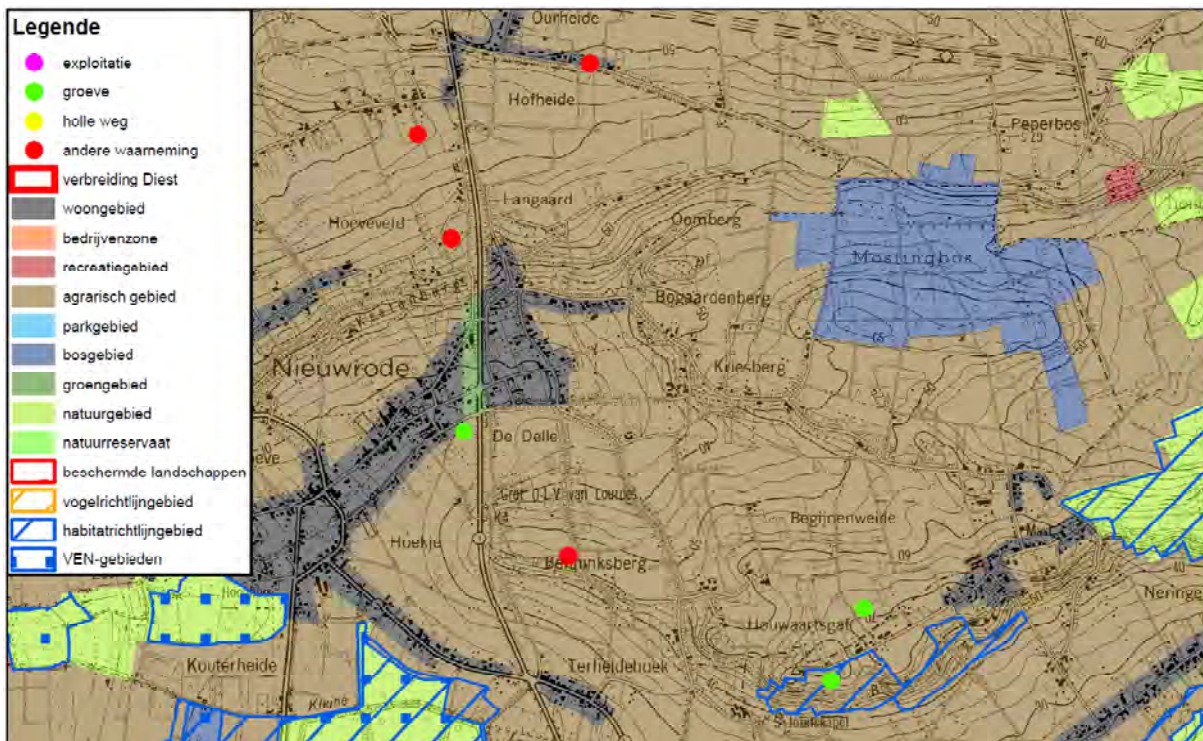
Figuur 30. Extract uit het gewestplan voor de zone Molenstede (Diest).



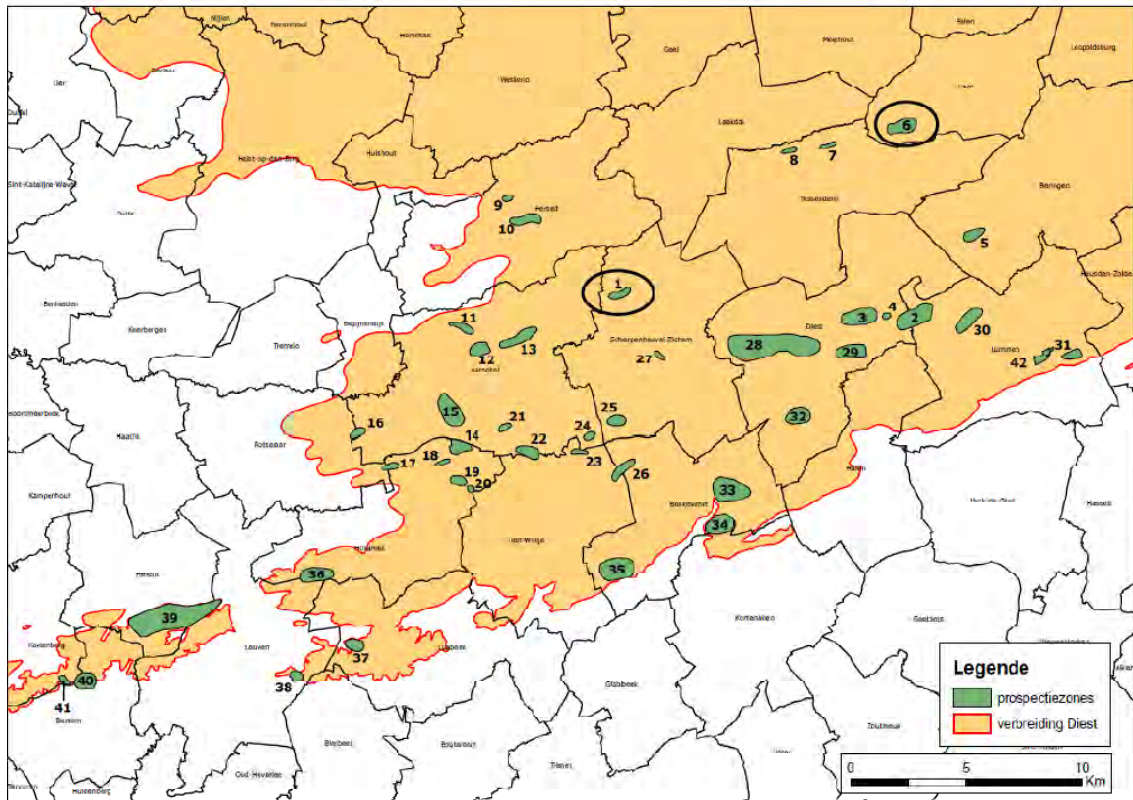
Figuur 31. Extract uit het gewestplan voor de zone Chartreuzenberg (Holsbeek).



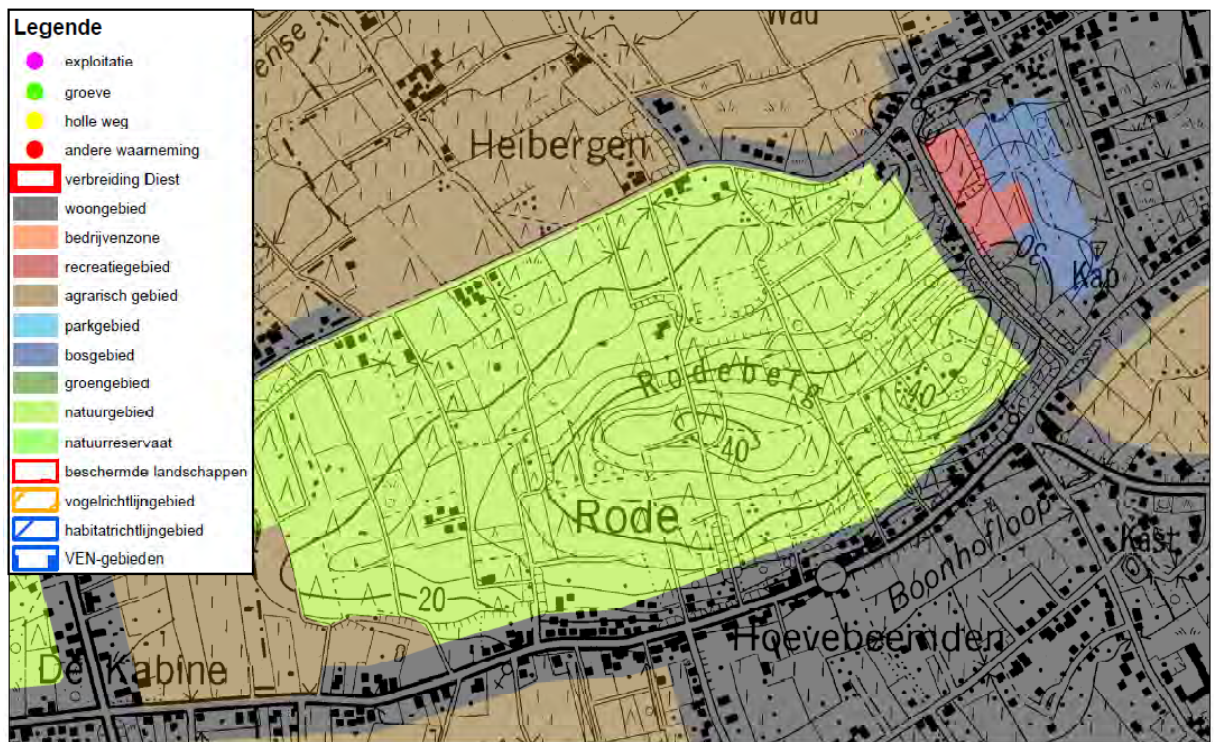
Figuur 32. Extract uit het gewestplan voor de zone Mannenberg-Keiberg (Scherpenheuvel-Zichem).



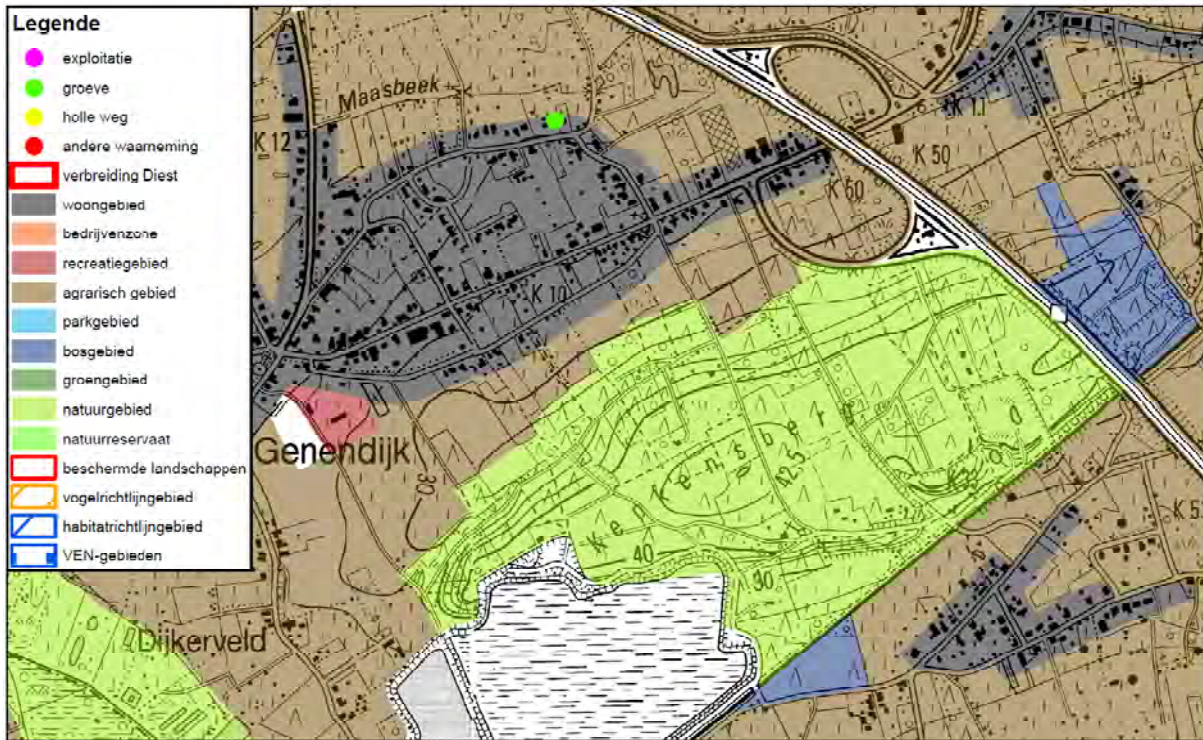
Figuur 33. Extract uit het gewestplan voor de zone Kratenberg-Houwaartsgat (Aarschot-Nieuwenrode).



Figuur 34: Tweede keuze van prioritaire gebieden voor verdere exploratie.



Figuur 35. Extract uit het gewestplan: De Rodeberg in Averbode.



Figuur 36. Extract uit het gewestplan: De Kepkensberg in Ham.

Hoofdstuk 5

TERREINVERKENNING

5.1 Inleiding

De als prioritair geselecteerde gebieden werden tenslotte in aanwezigheid van collega's van het RLNH en Natuurpunt, op terrein verder verkend, naar de effectieve aanwezigheid van ijzerzandsteen en naar de mogelijkheden voor verdere exploratie: zijn er nog mogelijke reserves? hoe is de situatie op het terrein (landbouwzone, natuur- en parkgebied, ...)?

Op respectievelijk 07/04/2009 en 14/07/2009 werden de geselecteerde gebieden samen bezocht (Katty Wouters, Erwin Dunon, Luc Vervoort en Roland Dreesen) en ter plaatse naar hun waarde en potentieel geëvalueerd. Een overzicht van de waarnemingen op terrein volgt hierna.

5.2 Korte beschrijving van de bezochte sites

5.2.1. Molenstede (Diest)

Hoewel deze site als VEN-gebied is geklasseerd, kan hier eventueel later een educatief project opgestart worden met inbreng vanuit de geologie, biodiversiteit en archeologie. Het is ook een van de best bewaarde verlaten groevewanden in de streek die toelaat om de interne opbouw van de ijzerzandsteenbanken goed te bestuderen. Een goed beheer zou eventuele kleinschalige ontginning in groeven toch kunnen toelaten (in overleg met alle betrokken partijen) wegens toename/bewaring biodiversiteit, vooral rond de aanwezigheid van speciale thermofiele fauna & flora.

Verkaveling Langeberg – Grasbos (vroeger waren hier grote groeven)

Keiberg: parkgebied met veel privé-eigendom.

Actie: bebouwing zou nauwkeurig in kaart moeten gebracht worden Hellestraat – holle weg afdalend naar site. Langs toegangsweg naar oude groevenwand, kleine ontsluiting in laag talud met geel, middelmatig gekorrelt, licht glauconiethoudend zand (ligt stratigrafisch onder de uitgebate zone)

Site Grasbos, mooie oude groevewanden (Figuur 37 - Figuur 38) – VEN-geklasseerd gebied, archeologisch ook interessant, waardoor effectief goed bewaard gebleven site. Wand ca. 6m vertikaal ontsloten waarvan bovenste 1,5m kleine ijzerschollen (effect van vorstwerking tijdens ijstijden?). Oorspronkelijke groevewand niet volledig ontsloten door puin en vegetatie. Wand is lateraal ontsloten over verschillende tientallen meters. In directe omgeving geaccidenteerd terrein, allicht ten gevolge van storthopen met steenafval. Vermoedelijk maakt dit deze site ook vanuit archeologisch standpunt interessant (sporen van oude ontginningen leesbaar in het landschap). Dit, samen met de VEN-aanduiding van het gebied noopt tot een voorzichtige benadering bij onderzoek naar potentiële nieuwe ontginningen hier. Verschillende dikke en harde

ijzerzandsteenbanken aanwezig waarin mooie sedimentaire structuren (gekruste gelaagdheden, slumpings, verglijdingen, ontwateringsstructuren en bioturbaties). Onderaan zijn nog illegale uitgravingen te zien van bouwzand (?) in niet geconsolideerd (niet door limoniet aaneengekit) zeer glauconietrijk zand. Groevewand is moeilijk toegankelijk: kleine paadjes doorheen bos naar groevewand die op ongeveer 100m (vogelvlucht) ligt van de 'Hellestraat'



Figuur 37. Locatie Grasbos. Heterogeen dik ijzerzandsteencomplex bestaande uit dikke zandsteenbanken en verijzingen (geagglomererde limonietbandjes).



Figuur 38. Detail van de groevewand met differentiële verwerking.

5.2.1 Rodeberg (Averbode)

Toegang tegenover Biezebeemdenweg
Bos met naaldbomen – hoogte top ca. 40 m

Geen ontsluitingen. Wel een aantal "boereputjes" met aanwezigheid van schollen. Weinig waardevol "natuurgebied" met aansluitend hierop verlaten, stenig en verruigd landbouwperceel. Kleine muurtjes met ijzerschollen voor de huizen langs de rijweg.

5.2.2 Keiberg-Mannenber (Scherpenheuvel)

Bosgebied van naaldbomen, met veel verkavelingen; bouwgronden in bos gelegen; bos is versnipperd door (illegale?) weekendverblijven en ligt vol tuinafval. Vegetatie: zeeden (groeit op "slechte" grond) en Amerikaanse vogelkers. Kleine, ondiepe depressies aanwezig allicht als gevolg van lokale ontginning van ijzerschollen. Weinig of niet waardevol natuurgebied (zie Figuur 39).



Figuur 39. Site van de Mannenberg.

Vossenber = bos & heide met recente verkavelingen

Tussendoor ook nog geobserveerd met bijkomend potentieel:

Verlaten grond rond en op *Mierenber*, *domein Haksber*; ook *Slangenber* (nog verder te verkennen)

Holle weg "*Oudenbos*" Rillaar/Aarschot. Overwegend dunplattige ijzerzandsteen, ca. 2-3m ontsloten, met interne gekruiste gelaagdheid.

Aarschot: *Eikelber-Liedeber*: oude zandwinning van Openbare Werken. Grote open ruimte met gedeeltelijk genivelleerde en begroeide wanden. Diestiaan glauconiethoudend zand met bovenaan ijzerzandsteenbanken. Natuurgebied, nu crossterrein. Steile zuidwand aanwezig. Biedt allicht goede mogelijkheden.

Middelber, Rotselaar: verschillende bouwputten zichtbaar (kranen), veel ijzerzandsteen vrijgekomen, misschien recupereerbaar?

5.2.3 Chartreuzenberg (Holsbeek)

Bos/woongebied/villawijk (kort bij Linden)

Agrarisch gebied/parkgebied/woongebied mix

In bovenste 6m zit allicht ijzerzandsteen.

IJzerzandsteen is zichtbaar in holle wegen (toegangswegen) tot het gebied

In Meesbergpad, bovenaan ijzerzandsteen zichtbaar.

5.2.4 Kapittelberg – Houwaertsberg – Kratenberg (Holsbeek)

Agrarisch landschap, fruitteelt: agrarisch gebied met landschappelijke waarde.

Onduidelijke bestemming.

Stenige grond, zandleem bedekking.

Verlaten bouwgrond, bosjes met Robinia.

Moeilijk in te schatten wat hier het potentieel is, alleen in wegtalud waarnemingen van ijzerschollen (geen dikke pakketten) (zie figuur 40).



Figuur 40. Site van de Kapittelberg.

5.2.5 Hofheide – crematorium

Recente afgraving, coupe achter grote hangar (groenteopslagplaats) in buurt van vermoedelijke locatie van het toekomstige crematorium. Hoogte ca. 35m op topokaart. Ongeveer 3m van groen glauconiethoudend zand, zonder ijzerzandsteenbanken, met zeer dunne (enkele mm tot 1 cm) licht golvende mooi gekleurde limonietkorsten (zie Figuur 41) Lokaal zeer dunne bleekgrijze kleilaagjes en enkele horizonten met bleke wormgangen in niet aaneengekit zand, dat soms ook grofkorrelig is met kleine keitjes.



Figuur 41. Recente coupe in Hofheide. Deels geoxideerd glauconiethoudend zand met dunne limonietkorsten maar zonder de verwachte ijzerzandsteenbanken... Rechts een detailopname.

5.2.6 Kepkensberg (Ham)

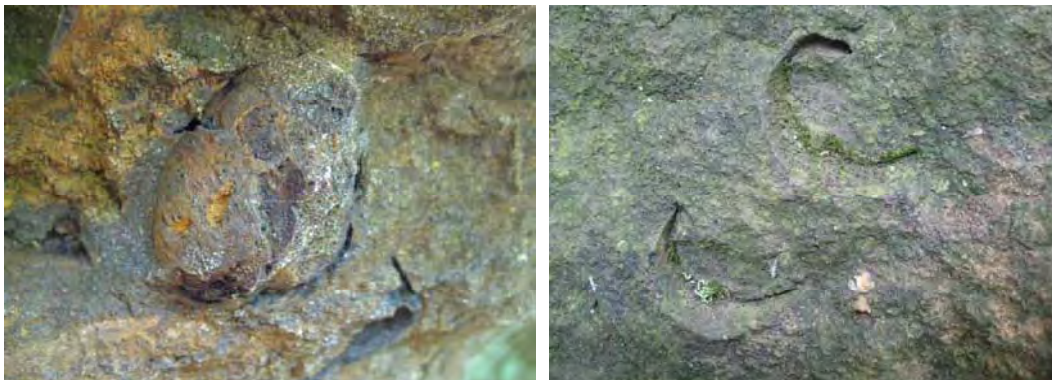
Steile taluds met schollen/zandsteen aan de top
 Voormalige kleine ontginningen? Sterk ondulerende, lensvormige verijzeringen in geoxideerd middelmatig tot grof glauconiethoudend gebioturbeerd zand met grindjes en kleine witte schelpfragmenten IJzerschollen, lateraal en verticaal overgaand naar compacte(re) ijzerzandsteen, max. dikte 20-100 cm (zie Figuur 42 en Figuur 43). Aanwezigheid van "schelpgeesten" of steenkernen van fossiele schelpen en grindlaagjes in zandsteen (Figuur 44). Verschillende stratigrafische (geometrisch onderscheiden) niveaus met verijzeringen of ijzerrijke zandsteen Lokaal zijn er aanwijzingen voor een vermoedelijk lateraal uitwigen van de ijzerzandsteenbank (Figuur 45).



Figuur 42. Kepkensberg. Dikke ijzerzandsteenbank uitstekend boven deels geoxideerd grof glauconietzand met schelpfragmenten en bioturbaties.



Figuur 43. Losliggende blok ijzerzandsteen afkomstig van het talud. Deze blok werd opgehaald door Monument nv en verzaagd tot blokjes voor verdere testen.



Figuur 44. Kepkensberg: steenkern, afdruk van schelpen en "schelpgeesten" (opgeloste kalkschaal) in ijzerzandsteen.



Figuur 45. Kepkensberg. Ijzerzandsteenbank met sterk ondulerende basis en vermoedelijke laterale uitwigging (rechts).

5.3 Voorlopige conclusies en aanbevelingen

- De verschillende geselecteerde gebieden zijn veel te groot (verschillende km²) zodat nu enkel een snelle en voorlopige evaluatie mogelijk was. Verdere gedetailleerde verkenning is zeker gewenst.
- De mooiste locatie is zonder twijfel Molenstede (Grasbos, Diest). Ondanks het feit dat de bestaande wand niet ver ligt van privaat terrein, zijn er lateraal allicht nog mogelijkheden. Ook te onderzoeken in hoeverre steenafval verantwoordelijk is voor ophogingen in de groeve.
- Cruciaal bij de andere locaties (Rodeberg; Keiberg-Mannenber, Kratenberg) waar weinig waardevol natuurgebied (naaldbos) of verlaten (stenig) landbouwgebied voorkomt, waar dus ontginning eventueel zonder al te veel problemen mogelijk zou zijn maar waar geen ontsluitingen werden waargenomen, is de vraag of er überhaupt dikke zandsteenbanken voorkomen en indien positief in hoeverre deze effectief onder het maaiveld door lopen. Nieuwe boorcampagnes zijn dus zeker nodig.
- Misschien is de absolute hoogte een belangrijk criterium om de beste/dikste concentraties aan verijzeringen/zandsteenbanken terug te vinden: misschien is een reconstructie van het paleo-reliëf (Tertiaire schiervlakte) nodig? Volgens Prof. em. F. Gullentops (persoonlijke mededeling) bestaan er minstens 2 (waarschijnlijk 3) verschillende verijzeringsniveaus (schollen). In het Hageland zijn er 2 schollenniveaus duidelijk onderscheidbaar en geometrisch van elkaar gescheiden, overeenkomend met paleo-grondwatertafelniveaus (= post-Diestiaan zeespiegelstanden). Zandsteenbankvorming is echter onafhankelijk hiervan.
- Elektrische tomografie kan misschien ingezet worden bij prospectiecampagnes: enkele profielen opmeten in targetzones zonder ontsluitingen, waarbij de aanwezigheid van schollen en/of zandsteenbanken onder het maaiveld zou kunnen gedetecteerd worden. Voorwaarde is wel de aanwezigheid van grondwater. Het voorkomen van hangende watertafels is allicht ook een mogelijke aanwijzing voor de aanwezigheid van ondoordringbare

ijzerzandsteenbanken in de ondergrond. Er zijn geen gegevens bekend over de permeabiliteit van ijzerzandsteen en het verschil met niet verkit Diestiaan zand.

- Gedetailleerde terreinopnames zijn zeker nog noodzakelijk. De verschillende bestemmingen (gewestplan) moeten opnieuw in detail bekeken worden, samen met de biologische waarderingskaart, het effectieve perceelgebruik en de eigenaars.
- Teneinde de laterale continuïteit van verijzeringen (schollen, ijzerzandsteen) op bepaalde afstand van zichtbare ijzerzandsteenbanken, te controleren zouden enkele boringen uitgevoerd moeten worden. Een eerste campagne werd door VITO uitgevoerd m.b.v. lokaal beschikbaar boormateriaal (Geoprobe, VITO. Zie verder in verslag).

Hoofdstuk 6

BOORCAMPAGNE (GEOPROBE)

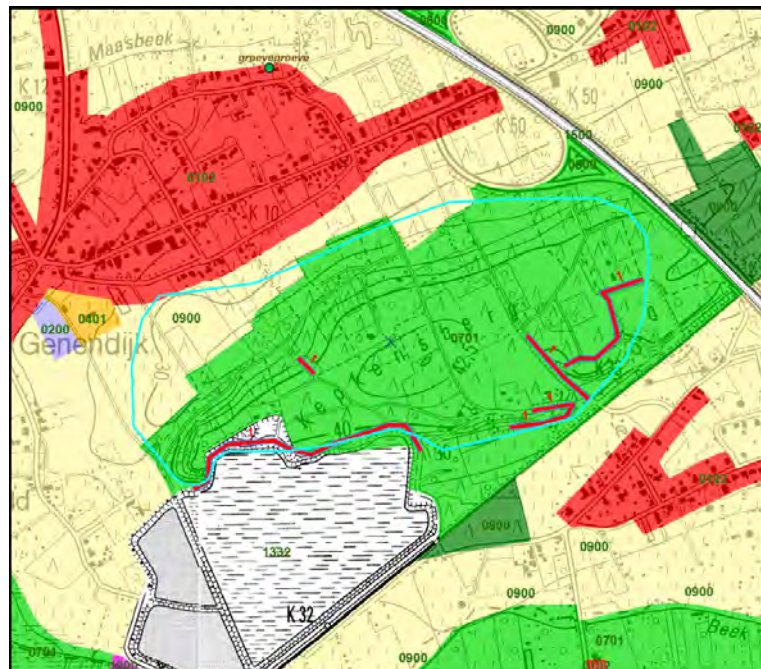
6.1 Inleiding

Teneinde de vermeende laterale continuïteit van ijzerzandsteenbanken te bewijzen werd een boorcampagne op touw gezet. Voorafgaand aan de boorcampagne werden met Prof. Em. F. Gullentops de geselecteerde sites kort besproken en werden nog een aantal mogelijke boorsites verkend o.a. in de buurt van Lubbeek.

In het kader van een stage van de masterstudent Stijn Bruggen (KULeuven) werden alle holle wegen met GIS geïnventariseerd (zie Figuur 46) binnen de vroeger voorgestelde potentiële prospectiezones (Figuur 28).

Na selectie en in situ evaluatie van de terreincondities (toegankelijkheid voor de boormachine, afwezigheid van leidingen en kabels, bewoning, problematiek van vergunningen,) werden dan op 02/12/2009 in totaal 5 boringen uitgevoerd op 4 verschillende locaties. De boringen werden uitgevoerd m.b.v. de Geoprobe van VITO (zie Figuur 47). Dit toestel laat toe in niet-verharde bodems tot een diepte van min. 10m tot max. 30m kernboringen te nemen via een hydraulisch aangedreven percussiesysteem, waarbij kunststof buizen in de bodem worden geduwd.

De resultaten van dit onderzoek maakten ook het onderwerp uit van het stagerapport van Stijn Bruggen.



Figuur 46. Voorbeeld van inventarisatie van de holle wegen in de omgeving van één van de 42 geselecteerde prospectiesites, hier de zone van de Kepkensberg in Ham.

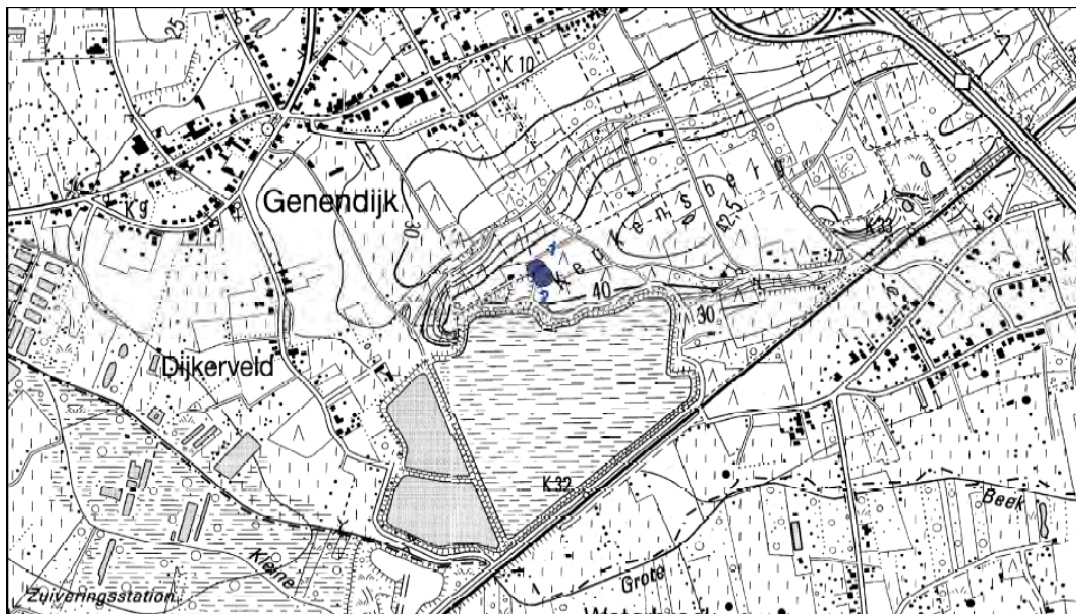


Figuur 47. Boring met het Geoprobe-toestel in uitvoering.

6.2 Boorlocaties

6.2.1 Kepkensberg (Ham)

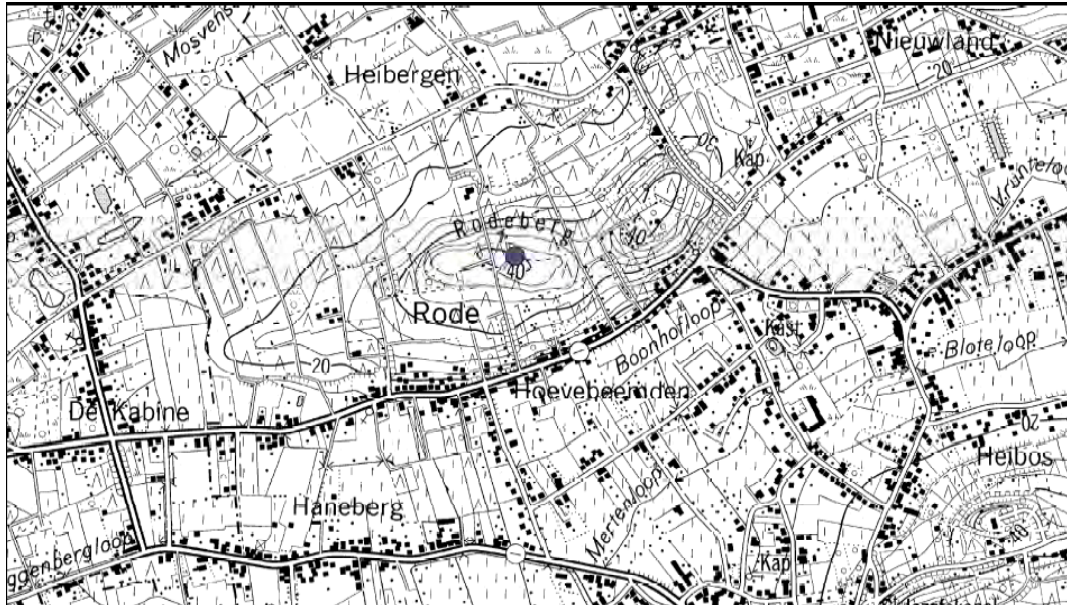
Op de Kepkensberg werden 2 boringen geplaatst, enkele tientallen meters van elkaar (zie Figuur 48). De eerste boring werd ongeveer op 21m ten NW van een steilrand (talud – zie Figuur 42) met ontsloten ijzerzandsteenbanken genomen. De tweede boring werd op een 7m van een eerste talud genomen waarin ijzerzandsteenschollen voorkomen en op 17m van de steilrand (talud) met de ijzerzandsteenbanken.



Figuur 48. Locaties van de 2 boringen (1 en 2) op de Kepkensberg.

6.2.2 Rodeberg (Scherpenheuvel-Zichem)

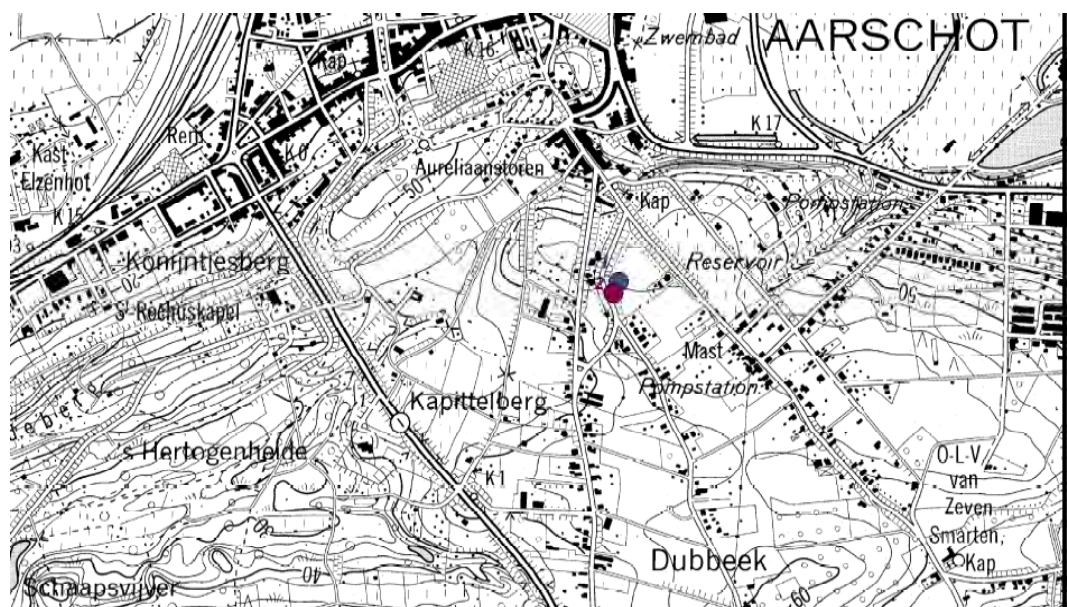
De boring op de Rodeberg is ongeveer op de top van de heuvel genomen (zie Figuur 49). In de holle wegen en op sommige plaatsen in het bos komen ijzerzandsteenschollen in ontsluiting voor.



Figuur 49. Locaties van de boring (1) op de Rodeberg.

6.2.3 Kapittelberg (Aarschot)

De boring op de kapittelberg werd op 18m van de steilrand naast de Dubbeekstraat genomen (zie Figuur 50). Langs een klein onverhard pad langs de steilrand op werd de ontsluiting oppervlakkig opgemeten om te zien hoe diep de zandsteenbank zich hier bevindt vanaf de top van het oppervlak.



Figuur 50. Locaties van boring (1) en opgemeten ontsluiting (2) op de Kapittelberg.

6.2.4 Gasthuisbos (Lubbeek)

De boring in het Gasthuisbos werd genomen net bovenop een steilere helling, op 12m van de weg die iets lager gelegen is door een klein talud (Figuur 51). Naar beneden gaat deze over in een holle weg, waar een ontsluiting (2) opgemeten werd, zo'n 70m van de locatie van de boring.



Figuur 51. Locaties van boring (1) en opgemeten ontsluiting (2) op het Gasthuisbos.

6.3 Boorbeschrijvingen

De gekernde boringen (doorzichtige kunststof buizen) werden doormidden gezaagd en in het lab nauwkeurig beschreven. De kernen werden ook m.b.v. de Corescanner digitaal gefotografeerd. Tenslotte werden er macroscopische en microscopische opnamen gemaakt van verschillende details uit de boringen. De corescans en beschrijvingen van elke boring zijn vervat in bijlage 4.

Boring Kepkesberg A

Diepte: 3,15m

Van (m)	Tot (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	Kleur (Munsell)
0	0,08	Zandig organisch materiaal	Middelmatig zand	Bruin-zwart 7,5YR2,5/1
0,08	0,25	Homogeen zand	Middelmatig zand	Oranje-bruin 10YR5/6
0,25	0,50	Homogeen zand	Middelmatig zand	Roest-bruin 7,5YR4/6
0,50	0,65	Homogeen zand	Middelmatig zand	Oranje-bruin 10YR5/6
0,65	0,75	Glaconiethoudende zandige klei met brokjes Fe-zandsteen (<10mm) en stukjes gecachaloniseerde vuursteen	Klei, (middelmatig zand)	Groenig beige 2,5Y5/3
0,75	0,90	Glaconiethoudend zand	Middelmatig zand	Licht beige 10YR6/6
0,90	1	Glaconiethoudend zand met brokjes Fe-zandsteen aan de basis (<10 mm)	Middelmatig zand	Groenig bruin 2,5Y5/4
1	1,10	Homogeen zand	Middelmatig zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6 beige 10YR6/6
1,10	1,20	Glaconiethoudend zandige klei met zeer kleine brokjes Fe-zandsteen (<5mm)	Middelmatig zand	Groenig beige 2,5Y5/4
1,00	1,30	Zand met brokjes Fe-zandsteen (<10mm) en laagje organisch materiaal aan basis	Middelmatig zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
1,30	1,55	Glaconiethoudend kleilig zand met enkele grotere korrels (glaucaniet kwarts)	Middelmatig zand	Groenig bruin 2,5Y4/4
1,55	1,65	Homogeen zand	Middelmatig zand	Bruin 10YR4/6 Beige 2,5Y5/6
1,65	1,8	Erg glauconiethoudend zand met kleine brokjes	Middelmatig zand	Kaki groen 5Y5/3
1,8	2	Erg glauconiethoudend zand enkele grotere korrels (<2mm)	Slecht gesorteerd middelmatig tot grof zand	Beige groen 2,5Y5/6
2	2,05	Glaconiethoudend zand met enkele grotere korrels kwarts (<2mm)	Middelmatig zand	Donker groen 5Y4/4
2,05	3,10	Glaconiethoudend zand met enkele grotere korrels (<2mm) en stukjes gecachaloniseerde vuursteen	Slecht gesorteerd middelmatig zand	Grijs-groenig bruin 2,5Y4/3
3,10	3,15	Glaconiethoudend zand met lichte oxidatie (chocoladebruin)	Slecht gesorteerd middelmatig zand	Donker groen 5Y4/4

Boring Kepkesberg B

Diepte: 2,20m

Van (m)	Tot (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	Kleur
0	0,05	Zandig organisch materiaal	Vooral humus	Bruin-zwart 7,5YR2,5/1
0,05	0,20	Zand met Fe-zandsteen fragmenten (<10mm)	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR3/4
0,20	0,65	Zand met Fe-zandsteenfragmenten (van 10mm tot 30mm) (doorboord)	Fijn zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
0,65	0,85	Homogeen zand	Fijn zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
0,85	1	Zandige glauconiethoudende klei met lichte oxidatie (chocolade bruin) en stukjes gecachaloniseerde vuursteen	klei	Kaki groen 5Y 5/4 met donkere groene en chocolade bruine vlekken
1	1,20	Zand met Fe-zandsteen fragmenten (<20mm) en enkele grote fragmenten glauconiet	Fijn zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
1,20	1,22	Kleihoudende glauconietrijke zand met organisch laagje aan de top	klei	Donker groen
1,22	1,45	Zand met enkele grotere korrels (kwarts en glauconiet)	Slecht gesorteerd (overwegend) middelmatig zand	Beige-bruin 10YR5/4
1,45	1,60	Schollen Fe-zandsteen en zand (zandsteen = korst rondom glauconietknoel)	Slecht gesorteerd middelmatig zand	Oranje-beige (zand) 10YR5/8
1,60	1,65	Zand met enkele grotere korrels	Zeer slecht gesorteerd middelmatig-grof zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
1,65	2,05	Zand met enkele grotere korrels	Slecht gesorteerd middelmatig-grof zand	Groenig bruin 2,5Y5/4
2,05	2,20	Aaneengekit erg glauconietrijk zand met lichte verijzeringen en knollen glauconiet (met kwartskeitjes)	Slecht gesorteerd middelmatig zand	Donkerbruin 10YR4/2 Naar chocolade bruin 10YR3/4

Boring Rodeberg

Diepte: 2,00m

Van (m)	Tot (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	Kleur
0	0,20	Organisch rijk zand met vele keitjes (Fe-zandsteen in vorming, aaneengekit) (<15mm)	Fijn zand	Donker bruin 10YR3/2 (top) chocolade bruin 7,5YR4/6
0,20	0,25	Schollen Fe-zandsteen (+/- 20mm)	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR 4/4
0,25	0,50	Zand met weinig brokstukken Fe-zandsteen	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6
0,50	1,10	Schollen Fe-zandsteen	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR3/6
1,10	1,55	Zand met weinig brokstukken Fe-zandsteen	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6
1,55	2	Aaneengekit zand en brokstukken Fe-zandsteen	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6

Boring Gasthuisbos

Diepte: 3,10m

Van (m)	Tot (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	Kleur
0	0,02	Organisch materiaal, zandig	Hoofdzakelijk organisch materiaal	donker bruin 10YR3/2
0,02	0,05	Egaal zand	Zeer fijn zand	Bleek beige 10YR7/6
0,05	0,40	Egaal zand	Zeer fijn zand	Beige-bruin 10YR5/6
0,40	1,30	Egaal zand, bleek zand komt vlekkelig voor in donkerder zand	Zeer fijn zand	Beige bruin 10YR5/6 bleek beige 10YR7/4
1,30	1,80	Weinig glauconiethoudend aaneengekit zand, sommige zones verijzerd, met enkele grovere korrels (kwarts en glauconiet)	Slecht gesorteerd hoofdzakelijk fijn/middelmatig zand	Chocolade bruin 10YR4/6
1,80	1,90	Weinig glauconiethoudend zand met enkele grovere korrels (kwarts en glauconiet)	Slecht gesorteerd hoofdzakelijk fijn/middelmatig zand	Chocolade bruin 10YR4/6
1,90	2,15	Sterk verijzerd, weinig glauconiethoudend zand (fragmenten < 10mm)	Slecht gesorteerd hoofdzakelijk fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6
2,15	3,10	Weinig verijzerd (fragmenten < 10mm), weinig glauconiethoudend zand met enkele groene glauconietrijke zones	Slecht gesorteerd hoofdzakelijk fijn/middelmatig zand	Chocolade bruin 10YR4/6

Boring Kapittelberg

Diepte: 2,20m

Van (m)	Tot (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	Kleur
0	0,30	Zand met weinig organisch materiaal	Fijn zand	donker bruin 10YR3/3
0,30	0,50	Zand met weinig glauconiet	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR3/6
0,50	0,65	(kleiig) zand	Fijn zand	Bruin 10YR4/3
0,65	1,05	Kleiig glauconietrijk zand	Fijn zand	Groen bruin met fel groene zones (bruine vlekken 10YR4/6)
1,05	1,10	(kleiig) zand met weinig glauconiet	Fijn zand	Chocolade bruin 7,5YR3/4
1,10	1,20	Zandige glauconietrijke klei	klei	Fel groen
1,20	2,20	Glauconietrijk zand, enkele lichte verhardingen op 1,75 tot 1,80 m (Fe-zandsteen schollen in vorming)	Fijn zand	Kaki groen 5Y4/4

6.4 Interpretatie

- Kepkensberg

De eerste boring ging 3,15m diep. Het merendeel bestaat uit slecht gesorteerd zand met een klein aandeel aan kleiige agglomeraten. Opvallend zijn de plotse kleurverschillen die over korte intervallen voorkomen, van groen tot roest-bruin. Dit is waarschijnlijk het gevolg van wisselende grondwaterstanden. Slechts uitzonderlijk komen er kleine fragmentjes ijzerzandsteen voor, echte schollen of banken werden niet aangeboord. De tweede boring bereikte 2,20m. Net zoals in de eerste boring bestaat deze vooral uit slecht gesorteerd zand. Maar er zijn minder grote kleurveranderingen en in bepaalde zones komen ijzerzandsteenschollen voor. Het eerste interval met ijzerzandsteen-schollen zou overeen kunnen komen met deze die in het talud 7m verder ontsloten zijn. De ontsluiting langs de steilrand toont een composiet ijzerzandsteenbank voor (geagglomereerde ijzerzandsteen en limonietkorsen) van 20-100 cm boven 80 cm van geoxideerd middelmatig tot grofkorrelig gebioturbeerd glauconietzand met sterk verspreide kleine keitjes en witte schelpfragmentjes. De top van de boringen liggen ruw geschat maximaal 2m hoger dan de top van de ijzerzandsteenbank in de talud. De ijzerzandsteenbank uit de ontsluiting had in principe moeten worden aangeboord in de eerste boring van 315 cm. De einddiepte van de 2^e boring kan verklaard worden door het aanboren van een hard limonietbankje.

- Rodeberg

De boring op de Rodeberg, tot 2m diep, bestaat voor een groot deel uit fijn zand met ijzerzandsteenschollen of –brokstukjes. De rest bestaat enkel uit fijn zand, wat echter wel goed aaneengekit is. De kleur blijft ook min of meer over de hele lengte hetzelfde chocolade-bruin. Op de Rodeberg kon geen ontsluiting opgemeten worden omdat hier op de platte top enkel wat schollen dagzomen in ondiepe holle wegen en in lage taluds.

- Kapittelberg

De boring op de Kapittelberg is 2,20m diep gestrand. Deze heeft hoofdzakelijk kleirijk zand aangeboord met slechts een lichte verijzering. Een nabijgelegen ontsluiting werd opgemeten langs een klein pad dat naar de boorlocatie leidt (zie Figuur 52). In de top van de ontsluiting komt er onder de organische toplaag geoxideerd glauconietzand voor, geleidelijk overgaand in schollen ijzerzandsteen tot ongeveer 1,40m. Hieronder is een relatief dikke bank ijzerzandsteen aanwezig die lichtjes afhelt naar het noorden (naar de boring toe).

- Gasthuisbos

De boring van Gasthuisbos is tot 3,10m diepte geraakt. De eerste 1,30m bestaat hoofdzakelijk uit (verspoelde) leem. De rest bestaat uit een slecht gesorteerd zand met af en toe een zone met ijzerzandsteenscholletjes. De lichtbruine kleur is het resultaat van bijmenging door een zeer fijn poeder, waarschijnlijk ook lemig materiaal. Een 70m verder langs de weg naar het noorden werd een ontsluiting in de wegberm opgemeten. De bovenste 2,90m bestaat voornamelijk uit ijzerzandsteenschollen. Op 2,90m wordt een grens bereikt met een ijzerzandsteenbank. De dikke ijzerzandsteenbanken die in de EW-georiënteerde holle weg (Zavelstraat) dagzomen (ten W van "Steenrots" – typelocaliteit van de Diestiaan ijzerzandsteen, voor het eerst door A. Dumont beschreven, pers. med. F. Gullentops) liggen echter dieper en konden dus niet worden aangeboord door onze boring.

- Conclusies

Met uitzondering van boring A op de Kepkensberg hebben de uitgevoerde boringen de veronderstelde diepte waarop de ijzerzandsteenbanken zouden moeten voorkomen, niet bereikt: reden hiervoor is het feit dat de boringen voortijdig zijn gestopt, allicht door de aanwezigheid van dunne verhardingen zoals limonietlaagjes, waar de buizen niet doorheen zijn kunnen geduwd worden. De gebruikte boorapparatuur (Geoprobe) is

in feite ook niet geëigend voor het uitvoeren van boringen in verharde materialen. Boring A van de Kepkensberg toont o.i. wel aan dat de composietijzerzandsteenbank lateraal niet doorloopt, hetgeen een mogelijke lokale laterale uitwigging zou aantonen.



Figuur 52. Kapittelberg. Ontsluiting langs weg (let op dikke ijzerzandsteenbank onderaan) met rechts detail van de toplagen vlak onder het oppervlak (tussen boomwortels). Grens tussen schollen en ijzerzandsteen is gemarkeerd met gele lijn.



Figuur 53. Gasthuisbos. Ontsluiting in wegberm locatie 2 op fig.51 . Dik pakket kleine ijzerscholletjes die het onderliggende geoxideerde glauconietzand ravineren (?). Allicht colluviale accumulatie van door vorstwerking gebarsten ijzerschollen.

Een losliggende blok ijzerzandsteen (zie Figuur 43) werd, na akkoord van de eigenaar van de grond, opgehaald door Monument NV in opdracht van de BGD. Deze grote blok werd in het bedrijf (Monument NV) verzaagd met de bedoeling de nodige monsters in gepast formaat te bekomen voor laboproeven wat betreft schijnbare volumieke massa, open porositeit, druksterkte, vorstproef en buigsterkte.

Het verzagen van de blok zandsteen (zie Figuur 54) verliep moeizaam. Het geheel verbrokkelde en bleek weinig homogeen te zijn. Voor de bepaling van de buigsterkte konden niet alle benodigde proefstukken gezaagd worden. De proefstukken waren ook vochtig en bros bij de levering aan het labo (UGent). Drogen tot constante massa bij $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ verhardde de steen. Scheuren en barsten die de proefstukken hebben opgelopen bij het verzagen kunnen aldus misschien vermeden worden door de ontgonnen blokken alvorens het zagen enkele maanden op een droge locatie te laten rusten. Het volledige verslag van de laboproeven vind men terug in bijlage 5.



Figuur 54. Verzagen van het blok ijzerzandsteen door Monument nv.

Met een gemiddelde porositeit van 27,3% ligt de porositeit van de geteste proefstukken in het bereik zoals deze beschreven is in de literatuur: 22,2 – 31 % (Dusar, *et al.*, 2009).

De schijnbare volumieke massa van de proefstukken ligt echter een eind onder de verwachte waarde van 2768 – 3000 kg/m³. Aangezien dit niet kan toegeschreven worden aan een hogere porositeit is dit wellicht het gevolg van de mineraalinhoud.

Voor druksterkte worden in de literatuur geen referentiewaarden gevonden. Een gemiddelde druksterkte van 17,0 N/mm² wijst op een eerder zacht gesteente.

De resultaten van de vorstproef wijzen op een zeer vorstgevoelig gesteente. De scheuren en breuken ontstaan echter voor een groot deel in het verlengde van vooraf aanwezige (minuscule) scheurtjes. Het is echter de vraag of deze scheurtjes eigen zijn aan de steen of meer waarschijnlijk ontstaan zijn tijdens het verzagen van de steen. Verder ontstaan ook scheuren en barsten langsheen de heterogene zones in de steen. Dit is vooral op de grens tussen fijne en meer grofkorrelige zones in het gesteente.

Op basis van de resultaten kan gesteld worden dat de bouwkundige kwaliteiten niet in die aard zijn dat ze als duurzaam restauratiemateriaal kunnen aangewend worden. Om deze conclusie te veralgemenen moet men zich ervan vergewissen dat de gebruikte blok representatief is voor de gehele steenbank op de betreffende locatie. Verder is het raadzaam om na te gaan of men het materiaal bij de preparatie voor het gebruik niet anders moet behandelen. Door verkrumeling werd het verwachte aantal proefstukken niet behaald tijdens het verzagen (zie Figuur 55).



Figuur 55. Gedeeltelijk uit elkaar vallen van de blok ijzerzandsteen tijdens het verzagen.

Bij de overhandiging van de proefstukken bleken deze ook extreem broos en vochtig en moesten ze met de nodige voorzichtigheid behandeld worden. Bij het drogen ter voorbereiding van de proeven verkregen de stenen schijnbaar een meer coherent karakter. Het is daarom de vraag of de blokken niet beter een groevedroging ondergaan, door ze na hun ontginning enkele maanden op een relatief droge plaats in de buitenlucht te stokkeren. Wanneer dit bijdraagt aan een coherentietoename kan de initiatie van scheurtjes bij het verzagen vermeden worden (dan rest wel nog de invloed van de heterogeniteit van de steen bij de vorstgevoeligheid). Een mogelijkheid om dit na te gaan, kan eruit bestaan om de boorweerstand van een blok te meten na zijn ontginning, vervolgens de blok enkele maanden op een beschermde plaats te laten drogen en vervolgens opnieuw de boorweerstand te meten. Indien er een coherentietoename vastgesteld wordt, kan dit een serieuze verbetering in de bouwkundige eigenschappen van de steen impliceren.

Hoofdstuk 8 **BACHELOR- EN MASTERPROEFSCHRIFTEN**

Parallel met onze onderzoeksactiviteiten rond het voorkomen van ijzerzandsteen op terrein, werden verschillende eindejaarsproefschriften gelanceerd en uitgevoerd met als thema het kwaliteitsonderzoek van beschikbare stalen ijzerzandsteen uit ontsluitingen of restauratiewerven. Zo werden er afgelopen jaar 2 thesissen afgewerkt aan de KULeuven (promotor Prof.J. Elsen) en is er recent een nieuw proefschrift opgestart (promotor Prof. L. Schueremans)

8.1 Masterthesis Dieter Van Campenhout

“Verleden en toekomst van de exploitatie van Diestiaan ijzerzandsteen als bouwsteen, een geologische studie” – promotor Jan Elsen (KULeuven)

De eigenschappen van 2 verschillende ijzerzandsteensoorten werden onderzocht en met elkaar vergeleken. Er werden zowel stalen van de Diestiaan als van de Brusseliaan ijzerzandsteen geanalyseerd, waarbij fysische, petrografische en mineralogische verschillen aan het licht zijn gekomen.

Zo bevat de Diestiaan ijzerzandsteen nog steeds glauconietkorrels, in tegenstelling tot de Brusseliaan ijzerzandsteen. Verder heeft de Diestiaan ijzerzandsteen een kleinere en heterogenere korrelgrootte en zal hij water trager water opnemen onder invloed van capillaire krachten. Voor de andere eigenschappen zijn er geen grote verschillen merkbaar. Dit komt mede doordat de ijzerzandsteen een grote variabiliteit kent voor de meeste eigenschappen. De stalen afkomstig uit de Maagdentoren werden reeds als bouwsteen gebruikt en staal 26 wordt momenteel gebruikt bij renovaties. Aan de hand van de eigenschappen van deze stalen kan er dus nagegaan worden wat de eigenschappen zijn van een goede bouwsteen en welke andere stalen ongeveer dezelfde eigenschappen vertonen.

Een hoger cementgehalte resulteert meestal in een sterkere bouwsteen met minder porositeit. Een goede bouwsteen moet dus zeker een voldoende hoog cementgehalte bevatten. Het is echter moeilijk om hier een getal op te kleven vermist er een zekere variatie is.

De volumieke massa zal mede afhankelijk zijn van het cementgehalte vermits dit een hoge densiteit heeft. De stalen met een hogere volumieke massa zullen dus een betere bouwsteen zijn. Algemeen blijkt dat een goede bouwsteen een waarde boven de 2000 kg/m³ heeft.

De geluidssnelheid van een ijzerzandsteen ligt rond de 2300 m/s er is echter geen onderscheid merkbaar tussen stalen van goede en minder goede kwaliteit. Bij stalen van eenzelfde locatie vertoont het best gecementeerde staal meestal een iets hogere geluidssnelheid.

Uit de drukproef blijkt dat stalen met een hoog cementgehalte en een hoge volumieke massa de grootste druksterkte hebben. Staal 15 had een druksterkte van ongeveer 8 N/mm², dit kan men als een minimum beschouwen voor een goede bouwsteen vermits de meeste andere stalen een hogere druksterkte hebben. Als men al de geteste stalen bekijkt, komen volgende stalen eventueel in aanmerking als bouwsteen: het staal van Rotselaar met de beste kwaliteit (staal IJ08DV01), de stalen uit Averbode, staal

IJ08DV23 uit Chaumont- Gistoux en de stalen van BuildingNV (IJ08DV27 en IJ08DV28). Verder komen ook nog de stalen uit Wezemaal en Overijse zeker in aanmerking omwille van hun hoog cementgehalte. In het algemeen kan gesteld worden dat de eigenschappen van een goede Diestiaan ijzerzandsteen als bouwsteen moeilijk te bepalen zijn. Dit komt door het heterogene karakter van de steen waardoor er grote variaties in de eigenschappen mogelijk zijn. Men kan wel stellen dat een hoger cementgehalte, hogere volumieke massa en in mindere mate een hogere geluidssnelheid zullen resulteren in een hogere druksterkte en in een betere bouwsteen.

Er zou nog Diestiaan ijzerzandsteen aanwezig zijn ten behoeve van restauratiewerken. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat omwille van de grote variaties het moeilijk is te schatten is hoeveel "goede" ijzerzandsteen er aanwezig is. Verder is er op de plaatsen van vroegere ontginningen niet altijd "goede" ijzerzandsteen aanwezig zoals bleek te Schaffen. Andere vroegere ontginningsplaatsen zijn inmiddels natuurgebied geworden wat ook voor problemen zou kunnen zorgen. Een mogelijke oplossing die voorgesteld werd door de ad hoc werkgroep rond ijzerzandsteen (RLNH) is het gebruik van ijzerzandsteen die vrijkomt bij het uitvoeren van grote infrastructuurwerken, te stimuleren.

8.2 Bachelorproefschrift Laura Kupers

"Mineralogische en petrografische beschrijving van de Tongeren ijzerzandsteen" – begeleider Jan Elsen (KULeuven)

Een eerste algemene opmerking is dat er relatief weinig informatie over de mineralogische en petrografische eigenschappen van de Tongeren ijzerzandsteen beschikbaar is. Specifieke literatuur hieromtrent is niet gevonden, wel als beschrijving als één van de verschillende soorten ijzerzandsteen. Een tweede opmerking betreft de studie van Bos (1990) en zijn werk "Weathering and conservation of ferruginous sandstones used as building material in northern Belgium". Hierin geeft hij een lijst met het gebruik van de Tongeren ijzerzandsteen in een aantal gebouwen zoals de Abdij van 't Park, het domein Wilderhof en de kerk van Bierbeek. De resultaten van de XRD-analyse en de microscopische analyse van de slijpplaatjes spreken hem echter op verschillende plaatsen tegen. Volgens de resultaten van dit onderzoek zou de ijzerzandsteen die gebruikt werd in de Abdij van 't Park en het domein Wilderhof geen Tongeren maar Brusseliaan ijzerzandsteen zijn. In de doorgenomen literatuur werd de aanwezigheid van carbonaten in de Tongeren ijzerzandsteen nergens vernoemd. Dit doet vermoeden dat er eerder nog geen uitgebreide studies over Tongeren ijzerzandsteen zijn uitgevoerd.

In deze bachelorstudie werd nagegaan op welke manier de Tongeren ijzerzandsteen onderscheiden kan worden van de Brusseliaan en Diestiaan ijzerzandsteen, en dit op basis van microscopische technieken en XRD-analyses. Na deze labo-analyses is men terug op terrein geweest om na te gaan of men ook macroscopisch een onderscheid kon maken. Macroscopisch kan men de Tongeren en de Diestiaanijzerzandsteen onderscheiden aan de hand van de grote hoeveelheid glauconietkorrels die in de Diestiaan ijzerzandsteen aanwezig zijn. Het verschil met de Brusseliaan ijzerzandsteen is iets complexer. Bij de Brusseliaan ijzerzandsteen heb je namelijk een typische grofkorrelige paarse variant, maar ook een fijnkorreligere, eerder roestbruine variant (staal kk08KL24). Deze laatste is macroscopisch moeilijk te onderscheiden van de Tongeren ijzerzandsteen. Microscopisch onderscheidt men de Diestiaan op dezelfde manier van de Tongeren ijzerzandsteen als men macroscopisch doet, aan de hand van de glauconiet hoeveelheid. Onderscheid met de Brusseliaan ijzerzandsteen baseert zich voornamelijk op de grotere korrelgrootte, de aanwezigheid van glauconiet en de

afwezigheid van muscoviet bij de Brusseliaan ijzerzandsteen. Wel moet er opgemerkt worden dat er geen slijpplaatjes van de fijnere variant in deze studie bestudeerd zijn. Meer onderzoek hieromtrent is dus noodzakelijk. Op basis van de XRD-analyse is het verschil tussen de Tongeren ijzerzandsteen en de Brusseliaan ijzerzandsteen echter zeer duidelijk. De aanwezigheid van de duidelijke goethietpieken samen met de veldspaat- en carbonaatpieken maakt een eenduidig onderscheid mogelijk. XRD-analyse blijkt dus een ideale methode te zijn en krijgt de voorkeur boven mineralogisch en petrografisch onderzoek. Men heeft immers relatief weinig materiaal nodig en de techniek laat snelle kwalitatieve analyses toe.

8.3 Masterproefschrift Evert Bourel

“Numerieke modellering van tijdsafhankelijk gedrag en faling van monumentale metselwerkstructuren” – promotor Luc Schueremans (KULeuven), begeleider: Els Verstrynghe.

Dit proefschrift is nog niet beëindigd. Hoofddoel is het opstellen van een schademodel voor de analyse van het mechanisch lange-termijngedrag van monumenten opgebouwd uit metselwerk met Diestiaan ijzerzandsteen. Er wordt een belangrijk luik experimenteel onderzoek voorzien naar de karakterisering van sterkte-eigenschappen, de invloed van vochtverzadiging en chemische analyses.

De eerste resultaten van het experimenteel onderzoek uitgevoerd op cilindrische boorkernen genomen uit stalen ijzerzandsteen afkomstig van de ingestorte kerktoren van Meldert en verweerde parementstenen van de kerk van Zichem, hebben aangetoond dat de druksterkte van natte stenen duidelijk lager ligt dan bij droge (2,80 MPa t.o.v. 3,5 MPa). De druksterkte zelf is dus zeer laag, in vergelijking met de druksterkte die voor “normale” ijzerzandsteen in de literatuur wordt gegeven (17 MPa). Ter vergelijking wordt verwezen naar een studie van KIK en de BGD over de ingestorte Maagdentoren, waar een gemiddelde van 3-5 MPa werd opgemeten. Voor sommige stenen liep de druksterkte op tot 17 MPa (sculpteerwerk).

Het droog schijnbaar soortelijk gewicht is gemiddeld 1791 kg / m³ terwijl de open porositeit 36 % bedraagt. Deze hoge waarde heeft allicht te maken met een verhoogde spleetporositeit t.g.v. het kruipen van de steen onder eeuwenlange belasting. De kruipschade lijkt voor ijzerzandsteen ook relatief groot en begint bij een spanningsniveau dat 40% van de druksterkte bedraagt. Volgens de heersende Europese norm voor nieuwbouw (metselwerk) betekent de gemeten druksterkte voor de St.-Eustachiuskerk te Zichem en de St. Willebrorduskerk, dat de structuren onveilig zouden zijn. Algemeen wordt ook vastgesteld dat er geen grote spreiding zit op de meetwaarden hetgeen verwijst naar de grote heterogeniteit van ijzerzandsteen.

9.1 Inleiding – historische vervangmaterialen

Een mogelijke denkpiste is de eventuele vervanging van (te) verweerde bouwstenen bestaande uit Diestiaan ijzerzandsteen door andere, hierop goed gelijkende materialen.

Tijdens historische restauraties werd Diestiaan ijzerzandsteen reeds door minstens twee andere steensoorten vervangen: de Brusseliaan ijzerzandsteen en rode Bontzandsteen.

De eerste is een materiaal dat nog steeds voorhanden is maar waarvan de reserves allicht ook beperkt zijn. De huidige steen is afkomstig uit de zandgroeve van Chaumont-Gistoux nabij Waver. De materialen zijn materiaaltechnisch vrij identiek al treedt er wel een duidelijk kleurverschil op (zie Duser, Dreesen & De Naeyer, 2009). Tongeriaan ijzerzandsteen is slechts lokaal aangewend en heeft ook een vele kleinere verspreiding. Reserves zijn onbekend.

Rode Bontzandsteen werd in het verleden ook gebruikt ter vervanging van Diestiaan ijzerzandsteen (zie bijvoorbeeld Dreesen et al, 2002). Deze ingreep is echter moeilijk te verantwoorden zowel vanuit esthetisch standpunt (zeer duidelijke kleurverschillen) als vanuit een materiaaltechnisch standpunt (vrij compacte veldspathhoudende zandsteen versus heterogene en relatief ijzerzandsteen).

9.2 Alios – Garluche (Frankrijk)

In de Landes van Gascogne (Aquitaine, ZW Frankrijk) komen er verijzeringen voor die lokaal als "alios" of "garluche" gekend zijn. Het zijn MIOCENE tot QUARTAIRE verijzeringen (van pedogene oorsprong - paleopodzols) die sterk gelijken qua kleur en textuur op ijzerzandsteen of zelfs ijzeroer. De reserves zouden echter ook sterk beperkt zijn.

Alios vormt zich kort bij het oppervlak in de vorm van zandsteenbanken van 20 tot 120 cm. Er worden drie variëteiten onderscheiden:

Brokkelige of weinig geconsolideerde alios, donkerbruin tot zwart van kleur, met een laag ijzergehalte (0,1-0,8%). Compactere of meer geconsolideerde alios, deze is minder somber van kleur met geelachtige en bruine slierten, heeft een poreuze structuur en een ijzergehalte van 1 tot 4,6%. Tenslotte zijn er de garluches die echte zandstenen zijn met een ijzerrijk cement. Ze zijn rijk aan limoniet en zijn in dat geval ook een ijzererts: omwille van hun relatief hoog ijzergehalte (12-16%) werden ze in de 19^e eeuw voor smelterijen ontgonnen. Er komen ook nog blekere (geel) garluches voor die slechts 3-4% ijzer bevatten: deze laatste variëteit is zeer hard omwille van een kiezel- en ijzerrijk cement. Het zijn vooral deze laatste zandstenen die frequent werden gebruikt als bouwsteen in de Landes van Gascogne (Figuur 56 en Figuur 57).

De term "garluche" stamt uit de lokale taal van Gascogne ("garluisha") wat zoveel betekent als "slechte steen". Garluche is ook gekend als "pèira nhòga" of « pèira de lana ».

De Alios-Garluche werd reeds door de Romeinen gebruikt voor de bouw van woningen en monumenten. De bouwstenen werden echter dikwijls met ene bescherm laag (kalei) bedekt omdat de steen niet weervast was.



Figuur 56. 12e eeuwse romaans kerkje van Casteth in Bonnut, gebouwd met alios.



Figuur 57. Gebruik van "alios" in een moderne constructie, Aureilhan, Landes (F.)

9.3 Carr - Carrstone – Carstone (UK)

Een ander interessant alternatief is de z.g. Carrstone of Carstone uit Norfolk, UK. Dit is een ijzerzandsteen uit de Carstone Formatie van Onder-Krijt (Albiaan) ouderdom die macroscopisch sterk gelijkert op onze Diestiaan ijzerzandsteen. Andere benamingen voor deze steen zijn "gingerbread stone", Silsoe Stone, greensandstone. De typische lithologie van de Carstone formatie (9-19m dik) is een groenbruine tot roestbruine dikbankige, oolitische ijzerzandsteen met gekruiste gelaagdheid en lokaal sterk gebioturbeerd. De formatie is middelmatig tot grofkorrelig, lokaal zelfs met grindjes, vooral aan de basis waar het een conglomeraat wordt. De Carrstone Formatie dagzoomt het mooist in de kliffen van Hunstanton (Figuur 58) en wordt tegenwoordig nog uitgebaat in één groeve (Dickerson Group, Frimstone Ltd in Snettisham, Norton Hill – zie Figuur 59). Aan de basis van de klif wordt de peperkoekbruine carstone bedekt door rood krijt (Hunstanton Red Chalk), dat op zijn beurt wordt opgevolgd door wit krijt (Ferriby Chalk of White Chalk). De Carstone is een ondiep mariene zandsteenafzetting, grofkorrelig tot granule-achtig, sterk gebioturbeerd en gecementeerd met ijzerrijke cementen die donkerbruin verweren. Dit gesteente is ontstaan door oxidatie van zand rijk aan ijzeroölieten (limonitisatie van ooiden en peloiden van chamosiet). De hierboven liggende Red Chalk is een tijdsequivalente afzetting van de Gault Clay in Zuid Engeland. Het is een gecondenseerde, ondiep mariene kalksteen en vertoont gelijknissen met het "ammonitico rosso" facies.



Figuur 58. Ontsluitingen van Carrstone in de kliffen van Hunstanton met detailfoto's van de lithostratigrafische context.



Figuur 59. De groeve van Snettisham waar Carrstone nog als bouwsteen wordt ontgonnen.



Figuur 60. De Holy Trinity kerk van Stow Bardolph, gebouwd in carrstone.



Figuur 61. Karakteristiek voorkomen van "carrstone" in cottages van Old Hunstanton, Norfolk, UK.

Een uitgebreide studie van het gebruik van Carstone in de gebouwen van Norfolk werd door Allen (2004) gepubliceerd. De Carstone was reeds sinds de 10^e eeuw (976) in gebruik en werd uit verschillende groeven intensief ontgonnen (Messent, 1967).

De beste bouwsteenvariëteit, de "Snettisham carr", is een relatief zachte, grofkorrelige ijzerzandsteen. Hij is zacht bij de ontginning, gemakkelijk te werken maar toch duurzaam. Talrijke gebouwen in Norfolk zijn hierin opgetrokken. Opmerkelijk zijn de vele kerken en cottages die met de "gingerbreadstone" zijn opgetrokken (zie Figuur 60 en Figuur 61).

Er worden verschillende variëteiten onderscheiden: the "big carr" en de "small carr". De "big carr" of "Snettisham carr" is een warm oranje-bruine ijzerzandsteen, medium tot grofkorrelig, meestal met enkel onregelmatige adertjes en gelaagdheidvlakken van bruinzwarte goethiet. Deze steen is verweringsgevoelig. Grindrijke varianten worden ook "puddingsteen" genoemd. "Small carr" of "Shell carr" lijkt op onze schollen. Dit zijn kleine platte zandstenen met een dikte die 1/3 e bedraagt van die van de gebruikelijke baksteen.

Hoofdstuk 10

BESLUITEN

In het eerste deel van deze studie werd een inventaris gemaakt van alle geologische archiefdata die beschikbaar waren m.b.t. het voorkomen van ijzerzandsteen, meer bepaald de ligging van oude groeven of van ontsluitingen, en dit binnen de verbreidingszone van de Formatie van Diest. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de archieven van de Belgische Geologische Dienst en van literatuurgegevens, aangevuld met gegevens bekomen van het Regionaal Landschap Noord-Hageland en van derden.

Vervolgens werden alle data bekomen uit het archiefonderzoek naar hun kwaliteit geëvalueerd, op topografische kaarten geplote samen met het Digitaal Hoogtemodel Vlaanderen. De locaties die als ontginning of groeve uit het archiefonderzoek werden weerhouden, zijn dan getoetst aan de diverse bestemmingen van het gewestplan. In nauw overleg met collega's van het Regionaal landschap Noord-Hageland en van Natuurpunt, werden 42 "gunstig" gelegen locaties die als potentiële site voor verdere verkenning in aanmerking kwamen, verder kritisch bekeken en naar hun prioriteit geëvalueerd. Aldus bleven nog een 6-tal sites over. Deze sites werden op terrein verkend naar de effectieve aanwezigheid van ijzerzandsteen (ontsluitingen) en naar de mogelijkheden voor verdere exploratie (mogelijke reserves, herkenning en evaluatie van de vastgelegde bestemmingen volgens het gewestplan).

De verschillende geselecteerde gebieden zijn echter te groot voor een nauwkeurige evaluatie. Verder gedetailleerd terreinbezoek is dus zeker aangewezen, evenals gerichte exploratiecampagnes al dan niet met behulp van gekerde boringen. Zo zullen de verschillende bestemmingen volgens het gewestplan verder opnieuw in detail moeten bekeken worden, samen met de biologische waarderingskaart en het effectieve perceelgebruik door de diverse eigenaars

Teneinde de vermeende laterale continuïteit van ijzerzandsteenbanken in de geselecteerde sites te bewijzen, werd er ook een beperkte boorcampagne opgezet. De bezochte boorlocaties waren achtereenvolgens: de Kepkensberg (Ham), de Rodeberg (Averbode), de Kapittelberg (Aarschot) en het Gasthuisbos (Lubbeek). Met uitzondering van de boring op de Kepkensberg hebben de uitgevoerde boringen de veronderstelde diepte waarop de ijzerzandsteenbanken normaliter hadden moeten voorkomen, niet bereikt: reden hiervoor is het feit dat de boringen voortijdig zijn gestopt door de aanwezigheid van dunne verhardingen zoals limonietlaagjes of ijzerzandsteenbankjes. Boring A van de Kepkensberg toont echter wel aan dat bepaalde ijzerzandsteenbanken lateraal niet doorlopen, hetgeen een aanduiding kan zijn voor het lokaal uitwigen ervan.

Teneinde de juiste aard van de versteningen of verijzeringen in het Diestiaan zand in de buurt van de laatste gekende ontginning "het Steenkot" in Kelbergen (Schaffen nabij Diest) te achterhalen, werd door de Belgische Geologische Dienst en de Afdeling Geotechniek een nieuwe exploratiecampagne opgezet. Dit vertaalde zich in de uitvoering van verschillende diepsonderingen en boringen. Eén van de boringen bereikte 16 m en stootte op dunne steenlagen die echter veel dunner waren dan de in de groeve ontgonnen dikke ijzerzandsteenbanken, zoals beschreven in 1942 door F. Halet.

Een losliggende blok ijzerzandsteen aan de voet van de steilrand van de Kepkensberg, werd in opdracht van de Belgische Geologische Dienst, door Monument NV opgehaald en verzaagd om de nodige monsters aan te leveren voor verdere labo-proeven (Labo Magnel, Gent) m.b.t. het meten van de schijnbare volumieke massa, open porositeit, druksterkte, vorstproef en buigsterkte. Op basis van de bekomen resultaten kan men stellen dat de bouwkundige kwaliteiten van dit staal niet van die aard zijn dat de ijzerzandsteen kan gebruikt worden als duurzaam restauratiemateriaal. Vraag blijft of dit materiaal representatief is voor de waargenomen zandsteenbank en voor de Diestiaan ijzerzandsteen in het algemeen.

Het is niet heel duidelijk of er überhaupt nog bouwrijp materiaal aanwezig is in de huidige, nog toegankelijke oude groevewanden, taluds, steilranden of holle wegen. Het zou interessant zijn indien het onderzoek van historische bronnen (VIOE) de locaties van de "betere" ijzerzandsteen aan het licht zou kunnen brengen, evenals specifieke ontginningmethoden. Uit dit archiefonderzoek blijkt nu al dat er bij de historische ontginningen en productie van ijzerzandsteenblokken in de groeven zeer veel afval ("quaden steen") werd geproduceerd.

LITERATUURLIJST

Allen, J.R.L., 2004. Carrstone in Norfolk Buildings. Distribution, use, associates and influences. British Archeological Reports, BAR British Series 371, Archaeopress, Oxford, 177 p.

Bos, K., 1989: The Saint Peter's church of Langdorp, Brabant. The ferruginous sandstone of Northern, Belgium. Eindwerk Centrum voor Monumentenzorg, KULeuven, 205 p.

Bos, K. & Gullentops, F., 1990. IJzerzandsteen als bouwsteen in en rond het Hageland. Bulletin de la Société belge de Géologie 99: pp.131-151.

De Jonghe S., Géhot H., Genicot L.F., Weber Ph. en Tourneur F., 1996. Pierres à bâtir traditionnelles de la Wallonie. Manuel de terrain, Ministère de la Région wallonne. Direction Générale des ressources naturelles et de l'Environnement, Jambes, D/1996/5322, 261 p.

De Witte E. en Bos K., 1992. Use and deterioration of Ferruginous sandstone in Northern Belgium, Conservation of Ferruginous sandstone used in northern Belgium, Proceedings 7th Int. Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lisbon 15-18 June, 1992, Ed. J. Delgado Rodriguez, F. Henriques, F. Telmo Jeremias, 1992, pp. 87-98.

De Witte E. en Bos K., Conservation of Ferruginous sandstone used in northern Belgium, Proceedings 7th Int. Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Lisbon 15-18 June, 1992, Ed. J. Delgado Rodriguez, F. Henriques, F. Telmo Jeremias, 1992, p. 1113-1125.

Dusar, M., Dreesen, R. & De Naeyer, A., 2009. Diestiaan ijzerzandsteen, in: Natuursteen in Vlaanderen. Versteend verleden, Kluwer, pp. 255-262.

Doperé, F. , Minnen, B. , Van der Eycken, M. & Klinckaert, T., 2003. Brabantse Bouwmeesters. Verhalen uit de late Middeleeuwen. Bouwen met ijzerzandsteen in de Demerstreek, Provincie Vlaams Brabant, 40 p.

Dreesen, R. & Dusar, M. & Doperé, F., 2002. Atlas natuursteen in Limburgse monumenten, Provincie Limburg, 294 p.

Fobe, B., 1990. Nota betreffende het gebruik van IJzerzandsteen uit de Formatie van Diest in het gebied ten westen van de Zenne, Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie, 99, 153-157.

Gullentops, F. & Wouters, L., 1996. Delfstoffen in Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement EWBL, 198p.

Gulinck, M. & Tavernier, R., 1947. Les grès tertiaires exploités en Basse et Moyenne Belgique, Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (AILg), Congrès 1947. Section Géologie, 179-185.

Gulinck, M., 1949. Oude natuurlijke bouwmaterialen in Laag- en Midden-België, Technisch Wetenschappelijk Tijdschrift, 18-2, pp. 25-32.

Kupers, L., 2009. Mineralogische en petrografische beschrijving van de Tongeren ijzerzandsteen. Bachelorproefschrift KULeuven.

Macar, P. , Gulinck, M. & Guillaume, Ch., 1947. Les roches siliceuses et conglomératiques exploitées en Belgique, Centenaire de l'Association des Ingénieurs sortis de l'Ecole de Liège (AILg), Congrès 1947. Section Géologie, pp. 123-162.

Messent, C.J.W., 1967. A thousand years of Norfolk Carstone. Norwich, 96 p.

Regionaal Landschap Noord-Hageland, 2007. Groeves met een ijzersterk verhaal. De ijzerzandsteengroeves van het Hageland. Regionaal Landschap Noord-Hageland, D/2007/8144/1, 43 p.

Van Campenhout, D., 2009. Verleden en toekomst van de exploitatie van Diestiaan ijzerzandsteen als bouwsteen, een geologische studie. Masterthesis, KULeuven.

Van Ranst, E. & De Coninck, F., 1982. Composition and genesis of the ferruginous sandstones of the Diest and Poederlee formations (Belgium). Bulletin de la Société belge de Géologie, 91, pp. 45-49.

Wikipedia: "Alios" en "Garluce" : zie <http://fr.wikipedia.org/wiki/Alios>

BIJLAGE 1

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
BGD	059e0030	175260,12	196263,66	
BGD	059e0031	175702,29	196248,57	
BGD	059e0032	175765,97	196357,37	
BGD	059e0033	171743,28	195040,67	
BGD	059e0035	171227,38	194767,38	
BGD	059e0036	171361,71	194430,40	
BGD	059e0085	171150,16	194591,16	
BGD	059e0091	172859,14	195457,18	
BGD	059e0095	171228,02	194460,18	
BGD	059e0126	171331,67	194595,93	
BGD	059e0137	175553,01	196275,13	
BGD	059e0138	174079,94	196224,08	
BGD	059e0139	173731,10	196213,38	
BGD	059e0140	175027,31	196013,44	
BGD	059e0141	174934,11	196303,75	
BGD	059e0175	170728,11	194315,54	
BGD	2420031A.TXT	175706,00	196251,00	
BGD	2420032A.TXT	175766,00	196355,00	
BGD	2420035A.TXT	171228,00	194767,00	holle weg
BGD	2420035B.TXT	171228,00	194767,00	holle weg
BGD	2420085.TXT	171152,00	194594,00	
BGD	2430015.TXT	182689,00	191006,00	
BGD	2430251.TXT	186000,00	193062,00	
BGD	2430263.TXT	183220,00	189066,00	
BGD	2430263A.TXT	183220,00	189066,00	
BGD	2430281.TXT	183355,00	196523,00	
BGD	2440140.TXT	193659,00	188712,00	
BGD	2440193A.TXT	193161,00	190603,00	
BGD	2440195.TXT	192891,00	191698,00	
BGD	2440197.TXT	188935,00	194931,00	
BGD	2440199.TXT	191896,00	190821,00	
BGD	2440201A.TXT	193505,00	188399,00	
BGD	2440202A.TXT	193653,00	189359,00	
BGD	2440244A.TXT	188734,00	195773,00	
BGD	2440246.TXT	187231,00	195043,00	
BGD	2440247.TXT	188020,00	194864,00	
BGD	2440249.TXT	188484,00	196096,00	
BGD	2440257.TXT	189068,00	194891,00	
BGD	2440258.TXT	189343,00	195312,00	
BGD	2440259.TXT	188875,00	195149,00	

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
BGD	2440270.TXT	188375,00	195115,00	
BGD	2440271.TXT	188550,00	195045,00	
BGD	2440280.TXT	186321,00	194204,00	
BGD	2440281.TXT	186338,00	194201,00	
BGD	2460073.TXT	177486,00	182523,00	exploitatie
BGD	2460074.TXT	177687,00	182616,00	
BGD	2460075.TXT	177724,00	182485,00	
BGD	2460076.TXT	177844,00	182496,00	
BGD	2460078.TXT	178001,00	182376,00	
BGD	2460079.TXT	178001,00	182226,00	exploitatie
BGD	2460081.TXT	176924,00	183008,00	exploitatie
BGD	2470002.TXT	180959,00	183921,00	
BGD	2470003.TXT	183481,00	185478,00	
BGD	2470033A.TXT	184122,00	179847,00	
BGD	2470033B.TXT	184122,00	179847,00	
BGD	2470035.TXT	184637,00	178788,00	
BGD	2470044.TXT	180385,00	179452,00	
BGD	2470051.TXT	178322,00	182134,00	
BGD	2470072.TXT	182792,00	183389,00	
BGD	2470079.TXT	184090,00	187851,00	
BGD	2470092.TXT	178702,00	182251,00	
BGD	2470093.TXT	178748,00	181680,00	
BGD	2470169.TXT	185338,00	188106,00	
BGD	2470193.TXT	183505,00	185650,00	
BGD	2470194.TXT	178274,00	182381,00	
BGD	2470195.TXT	178047,00	182215,00	exploitatie
BGD	2470196.TXT	178725,00	183634,00	
BGD	2470197.TXT	178668,00	183606,00	exploitatie
BGD	2470198A.TXT	178811,00	183681,00	groeve
BGD	2470198B.TXT	178811,00	183681,00	groeve
BGD	2470199.TXT	178551,00	183584,00	
BGD	2470200.TXT	178939,00	184048,00	groeve
BGD	2470202.TXT	179004,00	182420,00	
BGD	2470203.TXT	179204,00	181695,00	holle weg
BGD	2470205.TXT	178488,00	178809,00	holle weg
BGD	2470218.TXT	182931,00	185694,00	holle weg
BGD	2470221.TXT	179322,00	184067,00	
BGD	2470224.TXT	182828,00	184066,00	
BGD	2470225.TXT	185164,00	184082,00	
BGD	2470226.TXT	178188,00	182160,00	
BGD	2470227.TXT	180544,00	182182,00	
BGD	2470228.TXT	181680,00	182209,00	
BGD	2470241.TXT	185194,00	178524,00	holle weg

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
BGD	2470246.TXT	178107,00	188061,00	holle weg
BGD	2470248.TXT	179645,00	186868,00	
BGD	2470335.TXT	183420,00	183650,00	
BGD	2470335A.TXT	183420,00	183650,00	
BGD	2470337.TXT	181375,00	183250,00	
BGD	2470337A.TXT	181375,00	183250,00	
BGD	2470339.TXT	182915,00	183010,00	
BGD	2470339A.TXT	182915,00	183010,00	
BGD	2470340.TXT	181885,00	182710,00	
BGD	2470340A.TXT	181885,00	182710,00	
BGD	2470342.TXT	180580,00	182720,00	
BGD	2470342A.TXT	180580,00	182720,00	
BGD	2470343.TXT	181965,00	183105,00	
BGD	2470343A.TXT	181965,00	183105,00	
BGD	2470344.TXT	181660,00	184305,00	
BGD	2470344A.TXT	181660,00	184305,00	
BGD	2470346.TXT	183680,00	185740,00	
BGD	2470347A.TXT	183830,00	185860,00	
BGD	2470347B.TXT	183830,00	185860,00	
BGD	2470369.TXT	183448,00	185209,00	
BGD	2470373.TXT	182715,00	179543,00	
BGD	2470381.TXT	183774,00	185791,00	
BGD	2480001.TXT	192535,00	185624,00	
BGD	2480002.TXT	192295,00	184743,00	
BGD	2480011.TXT	193268,00	180170,00	
BGD	2480033.TXT	192692,00	180360,00	holle weg
BGD	2480055.TXT	192545,00	186450,00	
BGD	2480079.TXT	193773,00	186214,00	
BGD	2480091.TXT	193330,00	181254,00	
BGD	2480107.TXT	190001,00	182737,00	
BGD	2480112.TXT	190956,00	185232,00	
BGD	2480115.TXT	189252,00	183411,00	
BGD	2480116.TXT	189246,00	183926,00	
BGD	2480117.TXT	188915,00	184415,00	holle weg
BGD	2480121.TXT	189572,00	184490,00	
BGD	2480134.TXT	190901,00	185602,00	
BGD	2480177.TXT	186760,00	186013,00	
BGD	2480180.TXT	186633,00	186509,00	
BGD	2480188.TXT	187495,00	186950,00	
BGD	2480200.TXT	189018,00	185315,00	
BGD	2480212.TXT	186126,00	187821,00	
BGD	2480213.TXT	186144,00	188088,00	holle weg
BGD	2480214.TXT	186474,00	188094,00	

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
BGD	2480217.TXT	186941,00	188130,00	
BGD	2480223.TXT	186107,00	179459,00	
BGD	2480225.TXT	186367,00	179349,00	
BGD	2480273.TXT	190599,00	178846,00	
BGD	2480326.TXT	192244,00	184267,00	
BGD	2480340.TXT	192295,00	184705,00	
BGD	2480346.TXT	186468,00	184244,00	
BGD	2480347.TXT	186484,00	184213,00	
BGD	2480348.TXT	190481,00	178650,00	
BGD	2480350.TXT	188366,00	178203,00	
BGD	2480351.TXT	187056,00	178234,00	
BGD	2480353.TXT	194004,00	183604,00	
BGD	2480354.TXT	192984,00	180535,00	
BGD	2480355.TXT	192655,00	181049,00	
BGD	2480356.TXT	189375,00	184006,00	
BGD	2480357.TXT	191482,00	184729,00	
BGD	2480358.TXT	190404,00	182860,00	
BGD	2480359.TXT	191339,00	183290,00	
BGD	2480360.TXT	188527,00	180252,00	
BGD	2480361.TXT	186723,00	179295,00	
BGD	2480362.TXT	187487,00	182860,00	
BGD	2510084.TXT	198519,00	192377,00	holle weg
BGD	2510123.TXT	199512,00	188727,00	
BGD	2510126.TXT	201169,00	195129,00	
BGD	2510185.TXT	199169,00	193860,00	
BGD	2510189.TXT	194177,00	197981,00	
BGD	2520004.TXT	207047,00	192686,00	
BGD	2520064.TXT	205189,00	196963,00	
BGD	2520103.TXT	207758,00	188213,00	
BGD	2520166.TXT	205002,00	197454,00	
BGD	2520182.TXT	209064,00	194206,00	
BGD	2520200.TXT	204570,00	197911,00	
BGD	2520201.TXT	204300,00	198142,00	
BGD	2520345.TXT	207693,00	191821,00	
BGD	2520346.TXT	206049,00	188947,00	
BGD	2520355.TXT	205065,00	190377,00	
BGD	2550003.TXT	198228,00	186932,00	
BGD	2550005.TXT	201825,00	185486,00	
BGD	2550006.TXT	197524,00	187265,00	
BGD	2550012.TXT	195190,00	178668,00	exploitatie
BGD	2550014.TXT	196263,00	179107,00	
BGD	2550018.TXT	197662,00	187631,00	
BGD	2550019.TXT	197497,00	187495,00	exploitatie

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
BGD	2550024.TXT	196399,00	187338,00	holle weg
BGD	2550026.TXT	197642,00	187487,00	holle weg
BGD	2550029.TXT	198975,00	187821,00	
BGD	2550041.TXT	195271,00	181985,00	
BGD	2550049.TXT	199097,00	185056,00	
BGD	2550061.TXT	197103,00	185762,00	
BGD	2550074.TXT	197065,00	184898,00	
BGD	2550092.TXT	200354,00	186152,00	
BGD	2550185.TXT	194052,00	179359,00	
BGD	2550206.TXT	200107,00	181800,00	holle weg
BGD	2550211.TXT	198204,00	186724,00	
BGD	2550214.TXT	201109,00	187871,00	
BGD	2550215.TXT	201948,00	187371,00	
BGD	2550216.TXT	198163,00	186005,00	
BGD	2550248.TXT	198941,00	187077,00	
BGD	2550249.TXT	198914,00	187072,00	
BGD	2550250.TXT	198932,00	187105,00	
BGD	2550251.TXT	198897,00	187091,00	
BGD	2550252.TXT	198797,00	187078,00	
BGD	2550253.TXT	197998,00	187316,00	
BGD	2550293.TXT	197308,00	185793,00	
BGD	2550297.TXT	195117,00	186535,00	
BGD	2550311.TXT	194970,00	187605,00	
BGD	2550321.TXT	197815,00	185610,00	
BGD	2550322.TXT	197535,00	185540,00	
BGD	2550323.TXT	197270,00	185490,00	
BGD	2550327.TXT	196524,00	187034,00	
BGD	2550328.TXT	196537,00	186988,00	
BGD	2550329.TXT	195027,00	186206,00	
BGD	2550337.TXT	194554,00	179690,00	
BGD	2550338.TXT	198255,00	181719,00	
BGD	2550341.TXT	194889,00	180581,00	
BGD	2550342.TXT	195652,00	184747,00	
BGD	2550343.TXT	194644,00	184224,00	
BGD	2550344.TXT	196979,00	182624,00	
BGD	2550346.TXT	199055,00	183217,00	
BGD	2550347.TXT	195605,00	185905,00	
BGD	2550348.TXT	194148,00	185313,00	
BGD	2560001.TXT	207403,00	186883,00	
BGD	2560038.TXT	206021,00	187903,00	
BGD	2560101.TXT	209826,00	186998,00	
BGD	2560102.TXT	209733,00	187116,00	exploitatie
BGD	2560104.TXT	207182,00	186135,00	

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
BGD	2560200.TXT	203414,00	185870,00	
BGD	2560202.TXT	203937,00	185046,00	
BGD	2560302.TXT	209900,00	187370,00	
BGD	2560317.TXT	205755,00	187900,00	
BGD	2560318.TXT	202390,00	186123,00	
BGD	3220034.TXT	176307,00	173306,00	
BGD	3220053.TXT	173067,00	176951,00	holle weg
BGD	3220066.TXT	174715,00	177633,00	
BGD	3220082.TXT	176333,00	175707,00	
BGD	3220084.TXT	175758,00	176394,00	
BGD	3220087.TXT	176902,00	173202,00	holle weg
BGD	3220143.TXT	172373,00	174717,00	
BGD	3220144.TXT	175734,00	173400,00	exploitatie
BGD	3220149.TXT	174836,00	177203,00	groeve
BGD	3220166.TXT	170306,00	175456,00	
BGD	3220212.TXT	176022,00	173769,00	
BGD	3220222.TXT	176774,00	173397,00	
BGD	3220371.TXT	170366,00	173983,00	
BGD	3220372.TXT	170563,00	174152,00	
BGD	3220373.TXT	170623,00	174192,00	
BGD	3220473.TXT	170032,00	176888,00	
BGD	3220474.TXT	170029,00	176908,00	
BGD	3220537.TXT	171700,00	175260,00	
BGD	3220538.TXT	171855,00	175210,00	
BGD	3220539.TXT	171870,00	175200,00	
BGD	3220675.TXT	176797,00	177974,00	
BGD	3230001.TXT	182376,00	170415,00	
BGD	3230002.TXT	178396,00	174897,00	holle weg
BGD	3230003.TXT	178662,00	174959,00	exploitatie
BGD	3230004.TXT	178800,00	175014,00	holle weg
BGD	3230079.TXT	178100,00	175250,00	
BGD	3230604.TXT	180896,00	173575,00	
BGD	3230653.TXT	185842,00	176265,00	
BGD	3230671.TXT	184635,00	177299,00	
BGD	3230677.TXT	184029,00	175979,00	
BGD	3230734.TXT	182439,00	175462,00	
BGD	3230734A.TXT	182450,00	175450,00	
BGD	3230741.TXT	181967,00	175918,00	
BGD	3230797.TXT	179144,00	175110,00	
BGD	3230809.TXT	178519,00	174617,00	
BGD	3230952.TXT	180074,00	173532,00	holle weg
BGD	3231037.TXT	178781,00	175195,00	
BGD	3231159.TXT	184684,00	177968,00	

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
BGD	3231260.TXT	181656,00	177337,00	
BGD	3231262.TXT	178562,00	173953,00	
BGD	3231263.TXT	180606,00	176408,00	
BGD	3240786.TXT	189299,00	173899,00	
Michiel Dusar	Zichem Vinkenbergh Steenweg Diest (tuin villa)	194500	186950	
Michiel Dusar	Diest-Molenstede Calenbergh (grootste groeve) + gehele wandhelling Demer Calenbergh-Cauwberg t.e.m. Fort Leopoldlaan	196260	187200	groeve
Michiel Dusar	Diest-Molenstede bij Holleweg (verkaveld)	196975	187550	
Michiel Dusar	Wezemaal (mogelijk ijzerertsgroeve)	177400	182500	groeve
Michiel Dusar	Rotselaar Middelberg (groeve)	177700	183430	groeve
Michiel Dusar	Rotselaar Middelberg (groeve)	178430	183590	groeve
Michiel Dusar	Testelt: Bergstraat (verlaten holleweg) (onzeker!)	191250	189200	
Michiel Dusar	Gelrode Everveld Mensbergstraat (kleine sleuf) (onzeker!)	179320	183390	
Joris Tallon	Onze-Lieve-Heerstraat	166620	174714	Ontsluiting
Joris Tallon	Koppelstraat	167585	172892	Holle weg
Joris Tallon	Overstraat	167604	177009	Tijdelijke
Joris Tallon	Hoogveldstraat	167621	176009	Holle weg
Joris Tallon	Molenstraatje	168901	176242	Ontsluiting
Joris Tallon	Schoonzichtlaan	169082	175798	Ontsluiting
Joris Tallon	Godelindestraat	170326	176120	Holle weg
Joris Tallon	Grote Molenweg	170842	176183	Holle weg
Joris Tallon	Mollekensberg	170933	176163	Holle weg
Joris Tallon	Notelarenweg	171543	177681	Bouwput
Joris Tallon	N26 - Roeselberg	172225	176354	Ontsluiting
Joris Tallon	Acaciastraat	172270	176225	Holle weg
Joris Tallon	N26 - Roeselberg	172274	176314	Ontsluiting
Joris Tallon	N26 - Roeselberg	172294	176298	Ontsluiting
Joris Tallon	N26 - Roeselberg	172362	176226	Ontsluiting
Joris Tallon	N26 - Roeselberg	172398	176181	Ontsluiting
Joris Tallon	Keizersberg	173105	175308	Ontsluiting
Joris Tallon	Engels Plein	173421	175503	Ontsluiting
Joris Tallon	Kesselberg	174818	177313	Ontsluiting
Joris Tallon	Kesselberg	174848	177313	Ontsluiting
Joris Tallon	Kortrijkstraat	174875	177510	Holle weg
Joris Tallon	Kesselberg	174915	177177	Tijdelijke
Joris Tallon	Kesselberg	174923	177219	Ontsluiting
Joris Tallon	Kesselberg	174946	177233	Ontsluiting
Joris Tallon	Dellestraat	175513	177743	Tijdelijke
Joris Tallon	IJzerensteenpad	175924	177557	Holle weg
Joris Tallon	IJzerensteenpad	175939	177539	Holle weg

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
Joris Tallon	Dellestraat	175947	177582	Holle weg
Joris Tallon	Boskouter	176256	176384	Holle weg
Joris Tallon	Sukkelpotweg	176402	178193	Ontsluiting
Joris Tallon	Meesberg	176722	178357	Ontsluiting
Joris Tallon	Meesbergpad	176751	177522	Holle weg
Joris Tallon	Meesberg	176886	178497	Ontsluiting
Joris Tallon	Leuvensesteenweg	177246	178904	Bouwput
Joris Tallon	Kesselberg	177252	176548	Ontsluiting
Joris Tallon	Sliepersveldweg	178186	175966	Bouwput
Joris Tallon	Sliepersveldweg	178229	175933	Bouwput
Joris Tallon	Speelbergstraat	178309	176505	Holle weg
Joris Tallon	Houwaartstraat	178527	176026	Bouwput
Joris Tallon	Bart Leysenlaan	178665	183726	Ontsluiting
Joris Tallon	K Bremstraat	178800	183683	Ontsluiting
Joris Tallon	Waterloos	178884	183209	Ontsluiting
Joris Tallon	Zavelstraat	179084	174919	Holle weg
Joris Tallon	Meistraat	179152	175187	Holle weg
Joris Tallon	Beniksberg	179287	181671	Ontsluiting
Joris Tallon	Bergstraat	180110	184305	Ontsluiting
Joris Tallon	Hemelstraat	180437	184636	Ontsluiting
Joris Tallon	Papenakkerstraat	180534	184611	Ontsluiting
Joris Tallon	Steenweg op Nieuwrode	182767	184990	Holle weg
Joris Tallon	Nieuwrodesesteenweg	182832	184301	Ontsluiting
Joris Tallon	Benneberg	183343	181845	Ontsluiting
Joris Tallon	Tieltsebaan	184294	184135	Ontsluiting
Joris Tallon	Dorpstraat	187634	181272	tijdelijke
Joris Tallon	Reustra	197916	184457	Ontsluiting
Karel Bos	Middelberg/Ijzerenberg	177024,02	183372,23	groeve
Karel Bos	holle weg	177700,00	183600,00	weg
Karel Bos	Wijngaardberg	177787,82	182830,93	groeve
Karel Bos	Eikelberg	180175,78	184534,63	groeve
Karel Bos	Dorenberg	184212,52	187112,35	groeve
Karel Bos		185304,79	188217,38	groeve
Karel Bos	groeve Voortberg	191053,87	189598,15	groeve
Karel Bos	Keiberg	192376,76	187678,91	groeve
Karel Bos	Weefberg	190866,43	190859,42	groeve
Karel Bos		174798,88	197080,18	weg
Karel Bos	groeve	182421,94	192226,66	groeve
Karel Bos	groeve	186502,12	194328,30	groeve
Karel Bos	Steenbergen	194680,79	196852,78	groeve
Karel Bos		199221,58	195423,80	groeve
Karel Bos	Kuipkensberg	202185,90	197847,46	groeve
Karel Bos	Geenhout	204915,87	192916,98	groeve

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
Karel Bos	ondergrondse ontginning	212439,92	196093,36	groeve
Karel Bos	Weigersberg/Kaienberg	211973,13	191679,43	groeve
Karel Bos	Willekensberg	205615,21	186753,71	groeve
Karel Bos	groeve in de Goren	204190,00	185360,00	groeve
Karel Bos	Blokkenberg	199776,16	182352,80	weg
Karel Bos		200412,34	185925,33	groeve
Karel Bos	Steenkot, Kelbergen	201219,45	189999,19	groeve
Karel Bos	Kerkeberg	201219,45	189999,19	groeve
Karel Bos	Geeneinde	203691,08	189324,08	weg
Karel Bos	Warande	196738,10	186615,91	groeve
Karel Bos	Grasbos	196110,00	187250,00	groeve
Karel Bos	Langeberg/Kloosterberg/Laarijberg/Allerheilig	196630,00	187790,00	groeve
Karel Bos	Rijnrodeberg	196160,00	180370,00	weg
Karel Bos	Galgenberg en Muggenberg	190013,81	179512,87	groeve
Karel Bos	Mannenbergen en Hoensberg	191049,61	185569,92	groeve
Karel Bos	overgroeide groeve Rommelaar	186688,79	186661,03	groeve
Karel Bos	Osseberg	188752,15	183081,79	groeve
Karel Bos	holle weg Houwaartseberg	184418,78	181654,87	groeve
Karel Bos	holle weg Banninksberg	181928,60	182721,87	groeve
Karel Bos	holle weg Meesberg	176417,23	178652,39	weg
Karel Bos		182484,72	174826,03	weg
Karel Bos	Zavelstraat en Steenrots holle weg	181768,00	173800,00	weg
Karel Bos	Chartreuseberg	177510,00	177760,00	groeve
Karel Bos	Lobergen	177510,00	174940,00	groeve
Karel Bos	Keizersberg	171846,93	174850,65	groeve
Karel Bos	Roesselsberg	171366,86	176171,61	groeve
Karel Bos	Ijzerenberg	169235,82	175247,96	groeve
Karel Bos	Kortenbergen	163470,00	174600,00	groeve
Karel Bos	holle weg Steenberg	166156,00	173352,00	weg
Karel Bos	Everberg	164541,63	173182,15	groeve
Karel Bos	Bovenberg	167375,76	175775,34	groeve
RLNH	* Eikelberg (Gelrode, Bergstraat)	180360	184470	groeve
RLNH	* Liedeberg (Papenakenstraat)	181470	185110	groeve
RLNH	* Konijntjesberg (Vlaaikenslei)	181820	185500	groeve
RLNH	* Doornberg (Langdorp, Doornbergstraat)	184300	186780	groeve
RLNH	* Verspreid in gehucht Rommelaar, tegen Rillaar	186970	186360	groeve
RLNH		185980	183290	groeve
	* Tienbunderbos (Rillaar, tussen Jennekesstraat en			
RLNH	* Gijmelberg (Gijmelbergstraat)	183660	188440	groeve
RLNH	* Steenheuvels (Wolfsdonk, Steenheuvelstraat)	188250	189590	groeve
RLNH	* De Groef (Wolfsdonk, Groefstraat)	188950	191170	groeve
RLNH	* Omgeving Wersbeek (Wijndries?, Driesstraat)	192140	179270	groeve
RLNH	* Steenkot (Kelbergen, Vlassarstraat, Kruisberg)	201460	190060	groeve

BRON	NAAM	X	Y	TYPE
RLNH	* Kalenberg (Molenstede, Bronweg)	195700	187360	groeve
RLNH	* Grasbos (Molenstede, tss Grasbos en Hellestraat)	196280	187300	groeve
RLNH	* Lange Berg (Molenstede)	196610	187810	groeve
RLNH	* Lazarijberg (Lazarijstraat)	198000	187740	groeve
RLNH	* Warande-park (Plaats waar nu amfitheater is, Sin	198320	186210	groeve
RLNH	* Kloosterberg (Reustra)	197590	184520	groeve
RLNH	* Kerkeberg (Schaffen, Molenstraat)	200360	187490	groeve
RLNH	* Meesberg (ter hoogte van centrum Holsbeek)	176990	178800	groeve
RLNH	* Nobelberg	177150	178920	groeve
RLNH	* Bennenberg	182960	182300	groeve
RLNH	* Ter hoogte van Zavelstraat en Steenrotsstraat	178880	174990	groeve
RLNH	* Wijngaardberg (Wezemaal, tss Aarschotsesteenweg	178140	182310	groeve
RLNH	* Ijzerenberg - Middelberg (Wezemaal, Beatrijslaan	177390	183170	groeve
RLNH	* Benniksberg (Vlasselaar, Beukepleinbaan)	179540	181820	groeve
RLNH	* Heikantberg (Heikant, Dennenlaan)	176600	183990	groeve
RLNH	* Mannenberg (Keiberg, Ijsbergstraat)	190300	185790	groeve
RLNH	* Hoensberg (Schoonderbuken)	190060	184290	groeve
RLNH	* Weefberg (Averbode, Nieuwstraat)	191380	190790	groeve
RLNH	* Voortberg (Testelt, Bergstraat)	191710	189200	groeve
RLNH	* Osseberg (tussen Beur en Heide, Beurtstraat)	190230	182050	groeve
RLNH	* Galgeberg (tussen Haksberg, Aarschot en Rest, Ti	189230	183300	groeve
RLNH	* Houwaartsgat (Houwaart, Wijngaardstraat)	184300	181390	groeve
GEO	B2	201521	190163	boring
GEO	B4	201492	190135	boring
GEO	S1	201511	190178	sondering
GEO	S1bis	201515	190172	sondering
GEO	S2	201521	190163	sondering
GEO	S3	201495	190142	sondering
GEO	S4	201491	190135	sondering
VITO	Gasthuisbos boring	179108,92	174728,83	boring
VITO	Gasthuisbos ontsluiting	179132,02	174789,01	ontsluiting
VITO	Kapittelberg boring	182866,18	185415,60	boring
VITO	Kapittelberg ontsluiting	182853,24	185386,74	ontsluiting
VITO	Rodeberg boring	190210,91	189971,67	boring
VITO	Kepkensberg boring 1	202213,08	197013,05	boring
VITO	Kepkensberg boring 2	202228,07	196992,21	boring

BIJLAGE 2**BGD061W0194**

Opdracht: GEO-07/200
 Plaats/site: DIEST (SCHAFFEN)
 Uitvoerder : AOSO - A F D E L I N G G E O T E C H N I E K
 Boring: B2
 Uitgevoerd door: VO - Afdeling Geotechniek
 Datum van uitvoering: 19/05/2008
 X: 201511
 Y: 190178
 Aanvangspeil: + 40 m TAW

Lithologische beschrijving

Auteur: Marleen De Ceukelaire, Michiel Duser Bedrijf/dienst: Belgische Geologische Dienst
 Datum: 30/05/2008

Monster	Diepte (m)	Aard der grondlagen
K1	0,00-1,00	<p>lengte is 0.98 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.02 m: kernverlies - van 0.02 tot 0.06 m: donkerbruin wat kleihoudend fijn zand, plantenresten, enkele baksteenbrokjes - van 0.06 tot 0.10 m: puin: baksteenstukken, stukken tegels, ... - van 0.10 tot 0.17 m: donkerbruin fijn zand, weinig kleihoudend, wat baksteenresten, veel plantenwortels - van 0.17 tot 0.33 m: groenbruin kleihoudend fijn zand, verschillende licht hellende roestige laagjes, een klein baksteenstukje op 0.28 m, met glimmers; scherpe basis - van 0.33 tot 0.52 m: bruinrood, heterogeen, overwegend fijn zand, glimmer- en verweerde glauconiethoudend, met veel gebroken ijzerzandsteenconcreties, de zandsteenstukken zijn vrij broos en kunnen gemakkelijk gebroken worden, maar ook harde donkere goethiethoudende ijzerzandsteen, ook wat plantenresten - van 0.52 tot 0.66 m: bleekbruinrode heterogeen matig fijn kwartsrijk zand, bleker van kleur dan vorig monster (toch met ijzeroxidefilm rond de korrels), nog enkele kleinere stukjes donkere brosse ijzerzandsteen - van 0.66 tot 0.75 m: harde donkere (mangaanbruin) ijzerzandsteen in zelfde matig fijn bleekbruinrood compact, dichtgestapeld, matig fijn zand; scherpe basis - van 0.75 tot 0.90 m: roestbruine ijzerzandsteen met donkerbruine banden met oranjebruine kernen in bruin fijn zand, vrij veel plantenmateriaal (= oud oppervlak) - van 0.90 tot 1.00 m: losse bruinrode stukken brossere middelmatige glauconietrijke ijzerzandsteen met donkere goethietbandjes, doorworteld (aanvulling)
K2	1,00-2,00	<p>lengte is 0.91 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.08 m: stukken wat brosse roodbruine ijzerzandsteen, soms hard met wisselende goethietgehalten in weinig kleihoudend fijn roodbruin zand, ook schilferig verbrokkelende kleiige ijzerzandsteen met groene-witte strepen, half vergane plantenresten

		<ul style="list-style-type: none"> - van 0.08 tot 0.21 m: rechts van de kern eerst roestkleurig matig fijn zand, klei- en glimmerhoudend, verhard; daaronder een grote brok groene plastische klei met brokjes zachte ijzerzandsteen en plantenresten, aan de linkerkant veel stukken ijzerzandsteen en daaronder roodbruin fijn zand - van 0.21 tot 0.35 m: verschillende brokken brosse roestode ijzerzandsteen met weinig goethietcement in bruinrood matig fijn kleihoudend zand (aanvulling) - van 0.35 tot 0.54 m: oorspronkelijk groen tot roodbruin kleihoudend, heterogeen, overwegend fijn zand, glimmerhoudend, dun zandrijk kleilaagje met plantenresten op 0.38 m, verschillende kleurtinten, basis groen met okerkleurige vlekken en sterke roestverkleuring, een paar kleine verharde brokjes (begin concretievorming) - van 0.54 tot 0.64 m: opgebroken harde laag, compacte maar brosse, roestode, middelmatige, onregelmatig gecementeerde glauconietrijke ijzerzandsteen met talrijke groene tot asgrijze zandvlekken en strepen (geen scherpe grenzen tussen opeenvolgende lagen vanaf 0.35) - van 0.64 tot 0.91 m: groen weinig kleihoudend, heterogeen fijn tot grof, cohesief zand, enkele brokjes zandsteen, bioturbatiegangen, roestverkleuring, een takje, groene zandnestjes tussen roestverkleuringen, glimmerhoudend, sterk glauconiethoudend; naar de basis zand zonder cohesie (vandaar ook kernverlies) - van 0.91 tot 1.00 m: ontbreekt
K3	2,00-3,00	<p>lengte is 0.97 m (kernwand cohesief over 3-4 mm dikte door grijsgroene kleibedekking, naar binnen toe geleidelijke overgang naar normaal materiaal)</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.03 m: kernverlies - van 0.03 tot 0.68 m: groen en roestkleurig, eerder middelmatig (fijn tot matig grof), weinig kleihoudend zand, sterk glauconiethoudend, enkele meer kleihoudende delen, okerroestkleurige vlekken (bioturbatiegangen?) - van 0.68 tot 1.00 m: verkitte roestbruine zandlaag, kern volledig gevuld, bij openkloppen in de kern grijsgroen met asgrijze kwartskorrels, in de verstening wortel (subrecent), in matig fijn glauconiethoudend, wat beter gesorteerd
K4	3,00-3,70	<p>lengte is 0.70 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.52 m: groen sterk glauconiethoudend middelmatig zand met toenemende verharding naar onder, verschillende ronde bioturbatiegangen gevuld met roestbeige zand, glimmerhoudend, tussen 0.32 en 0.52 m 5 cm brede verticale band van roestverkleuring, met zwak verkit licht glauconiethoudend roestrood fijn zand (geleidelijke overgangen) - van 0.52 tot 0.60 m: dunne plakken zeer brosse ijzerzandsteen - van 0.60 tot 0.70 m: dikkere schijven ijzerzandsteen, compact en hard, lokaal licht brokkelig, bleekroestrood, fijnkorrelig, micahoudend, licht glauconiethoudend, met rood, roest of oranje limonietcement (snelle variaties tussen de zandkorrels maar het geheel lijkt toch homogeen)

BGD061W0194

Opdracht: GEO-07/200

Plaats/site: DIEST (SCHAFFEN)

Uitvoerder : AOSO - A F D E L I N G G E O T E C H N I E K

Boring: B4

Uitgevoerd door: VO - Afdeling Geotechniek

Datum van uitvoering: 26/05/2008

X: 201491

Y: 190135

Aanvangspeil: + 47 m TAW

Lithologische beschrijving

Auteur: Marleen De Ceukelaire, Michiel Duser
Dienst

Bedrijf/dienst: Belgische Geologische

Datum: 09/06/2008

Monster	Diepte (m)	Aard der grondlagen
K1	0,00-1,00	<p>lengte is 0.88 m (0.70 m volgens boorders)</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.12 m: kernverlies - van 0.12 tot 0.29 m: roestkleurig glauconiethoudend zeer fijn zand met zeer veel stukken ijzerzandsteen, deze ijzerzandsteen zijn soms roodbruine zeer harde stukken, andere zijn brozer en gemakkelijker te breken en hebben binnenin groene vlakken - van 0.29 tot 0.39 m: overgaand in roestbruin en groenig kleihoudend zeer fijn zand, plantenresten, verkittete brokken die hoofdzakelijk een groene kleur hebben, roestrood oxiderend, ook kleine stukjes harde roodbruine ijzerzandsteen - van 0.39 tot 0.48 m: roestbruin kleihoudend zeer fijn zand, groene schijn, geen verkittening meer, wel nog stukjes harde roodbruine ijzerzandsteen, plantenresten - van 0.48 tot 0.56 m: donkerbruin sterk kleihoudend zeer fijn zand, groot stuk (6 cm) ijzerzandsteen, stukje hout, veel plantenresten (vroegere bodem) - van 0.56 tot 0.67 m: roodbruin glauconiethoudend fijn zand, stukken harde matig-grove kwartsrijke verzandende ijzerzandsteen - van 0.67 tot 0.75 m: roestbruin glauconiethoudend fijn zand, vol gebroken harde stukken ijzerzandsteen, een plantenrest - van 0.75 tot 0.84 m: overgaand in roestbruin, (vochtig) weinig kleihoudend, glauconiethoudend fijn zand, vol harde stukken ijzerzandsteen - van 0.84 tot 0.92 (0.88 ?) m: bruin sterk kleihoudend zeer fijn zand, enkele kleine, afgeronde, zeer harde stukjes donkerbruin gecementeerde ijzerzandsteen
K2	1,00-2,00	<p>lengte is 0.91 m (0.88 volgens boorders)</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.09 m: kernverlies - van 0.09 tot 0.66 m: quasi continu harde donkerroodbruine matig fijne kicht glauconiethoudende en micahoudende ijzerzandsteen, de stukken zijn nog relatief gemakkelijk breekbaar, op 0.43 m enkele recente plantenresten, champignongeur, op 0.51 m laagje groen glauconiethoudend fijn zand, eronder meer zandrijk - van 0.66 tot 0.92 m: met scherp contact, groen licht glauconiethoudend matig grof zand, met foresets (sedimentaire helling ca 15°), bioturbatiegangen gevuld met geel fijn zand, ook

		<p>enkele roestkleurige vlekken, op 0.86 m enkele kleine ijzerzandsteenstukjes in beginnende verkitting</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.92 tot 0.95 m: wordt zachte verzandende ijzerzandsteen - van 0.95 tot 1.00 m: roestbruin weinig kleihoudend fijn zand met ijzerzandsteenstukken
K3	2,00-3,00	<p>lengte is 0.87 m (0.83 volgens boorder)</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.15 m: kernverlies - van 0.15 tot 0.21 m: roestbruin weinig kleihoudend los fijn zand met groene nesten weinig kleihoudend fijn zand - van 0.21 tot 0.29 m: roestbruin en groen sterk glauconiethoudend weinig kleihoudend fijn los zand, enkele kleine ijzerzandsteenstukjes - van 0.29 tot 0.39 m: roestbruin verkit zand, bovenaan steviger, losser naar onder toe - van 0.39 tot 0.86 m: geelgroen roestig oxiderend weinig kleihoudend fijngebund zand, met roestbruine verkleuringen, naar de basis toe wordt de roestverkleuring dominant, verschillende bioturbatiesporen gevuld met geel fijn zand in de bovenste 20 cm, op 0.62 m half vergane plantenrest die doorloopt tot 0.71 m, op 0.75 m groen fijn zandlaagje met roestbruine verkitting rond, schuine helling (10°), op 0.84 m groen fijn zandlaagje, schuine helling (15°) - van 0.86 tot 0.92 m: in-situ voorkomende harde bruinrode glauconietrijke eerder middelmatige ijzerzandsteenstukken - van 0.92 tot 1.00 m: roestbruin weinig kleihoudend, glauconiethoudend heterogeen matig fijn zand
K4	3,00-4,00	<p>lengte is 0.98 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.02 m: kernverlies - van 0.02 tot 0.25 m: bruingroen, roestig verkleurend heterogeen sterk kleilig glauconietrijk cohesief zand; vanaf 0.13 roestrood verkleurd - van 0.25 tot 0.44 m: harde bruinrode ijzerzandsteenbank, glauconiethoudend, overwegend middelmatig, licht verzandend naar onder - van 0.44 tot 0.48 m: groen, sterk bruinroodverkleurd middelmatig glauconiethoudend kleihoudend zand met harde blekere zandsteenconcretiekernen op cm-schaal - van 0.48 tot 0.67 m: overgaand in groen middelmatig tot matig grof sterk kleihoudend glauconietrijk zand met meer roestig verkleurde meer cohesieve en kleirijke bioturbaties en nog met kleine versteningen - van 0.67 tot 0.80 m: matig fijn, minder glauconiethoudend, slechts licht kleihoudend zand; naar onder toe terug meer kleihoudend - van 0.80 tot 0.87 m: middelmatig, licht glauconiethoudend, kleihoudend cohesief zand, ingekaderd door twee bruine goethietbanden - van 0.87 tot 0.95 m: los matig fijn licht glauconiethoudend zand (met slechts licht oranjebruine film rond de korrels); naar boven meer verkit met limonietbandje en ook wat cm-grote kernen in verzandende ijzerzandsteen
K5	4,00-5,00	<p>lengte is 0.95 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.05 m: kernverlies - van 0.05 tot 0.18 m: groen, weinig kleihoudend, glauconiethoudend middelmatig zand, van 0.05 tot 0.10 m aan een zijde grote vlek fijn zand, bleker van kleur, op 0.12 en 0.17 m dun laagje matig tot grof zand; vage bedding volgens helling van 8° - van 0.18 tot 0.22 m: zelfde zand maar meer roestverkleuring en meer verkit met zandsteenlenzen; naar onder scherpe overgang

		<ul style="list-style-type: none"> - van 0.22 tot 0.26 m: licht verkitte laag, zeer brokkelig splijtend - van 0.26 tot 0.32 m: groen en roest weinig kleihoudend fijn zand, enkele kleine verkitte brokjes, blekere bioturbaties - van 0.32 tot 0.36 m: twee verkitte roodbruine fijnklevende laagjes in kleirijk zand - van 0.36 tot 0.46 m: grijsgroen glauconiethoudend, glimmerhoudend fijn zand, van boven met vrij veel laagvormige roestverkleuring, op 0.40 m donkergroene vlekken, op 0.43 m beige band, iets meer kleihoudend, 0.46 – 0.79 m: wordt eerder fijn bleekgrijsgroen glauconiethoudend zand, op 0.51 m vage donkergroene band, tussen 0.51 en 0.59 m vage bioturbatiesporen, vanaf 0.61 m mooie ronde bioturbatiegangen gevuld met geel zand - van 0.79 tot 1.00 m: grijsgroen zeer droog fijn zand, glauconiethoudend, blijvend met veel duidelijke bioturbatiegangen gevuld met geel zand omboord met roeste en/of zwarte rand, ook enkele heldergroene vlekken en enkele glauconietnesten
K6	5,00-6,00	<p>lengte is 1.00 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 1.00 m: groenzwart glauconiethoudend, zeer los middelmatig zand, met roestverkleuringen, bioturbatiegangen, hogere concentraties glauconiet
K7	6,00-7,00	<p>lengte is 0.98 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.02 m: kernverlies - van 0.02 tot 0.12 m: groen kleihoudend matig fijn zand, enkele lichte roestverkleuringen, een bleek zandlaagje, scherpe ondergrens - van 0.12 tot 0.22 m: bleekgrijsgroen fijn zand, glauconiethoudend, in hellende sedimentaire afwisseling tussen bleekgrijsgroen en grijsgroen, met roestkleurige vlekken - van 0.22 tot 0.27 m: groen kleihoudend matig fijn zand, enkele lichte roestverkleuringen, een bleek zandlaagje, scherpe ondergrens - van 0.27 tot 0.39 m: roodbruine ijzerzandsteenbank, in de kern groene vlekken (kern niet met ijzerdraad doorgetrokken) - van 0.39 tot 0.42 m: roestgroen kleihoudend heterogeen middelmatig zand - van 0.42 tot 0.45 m: platte donkerbruine limonietconcreties met oranje kern in groen laagje kleihoudend fijn zand; met boven en onder hard ijzerzandsteenlaagje - van 0.45 tot 0.59 m: bleekgroengrijs matig fijn zand, glauconiethoudend, met vele roestkleurige vlekken; dun bleek kleilaagje op 0.48 m - van 0.59 tot 0.66 m: donkergroen weinig kleihoudend sterk glauconietrijk matig grof zand; van onder scherpe kleurgrens - van 0.66 tot 0.80 m: grijsgroen, roest verkleurend, vrij sterk glauconiethoudend matig fijn zand, verschillende bioturbatiesporen gevuld met bleek zand en zwarte rand - van 0.80 tot 0.90 m: geleidelijke overgang in grijsgroen, sterk roest verkleurend middelmatig zand, sterk glauconiethoudend, vage bioturbatiegangen - van 0.90 tot 1.00 m: bruin kleihoudend fijn zand met verkitte brokjes (niet bewaard)
K8	7,00-8,00	<p>lengte is 0.98 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.02 m: kernverlies - van 0.02 tot 0.14 m: roestbruin weinig kleihoudend eerder fijn zand, enkele verkitte brokjes, ook enkele groene zandvlekjes, glauconiethoudend - van 0.14 tot 0.20 m: verkit tot ijzerzandsteen, gemakkelijk te breken, hoofdzakelijk roestbruin, met bleekgrijsgroene bandjes - van 0.20 tot 0.23 m: matig fijn zand, felroest, licht glauconiethoudend, bioturbatiegang

		<ul style="list-style-type: none"> - van 0.23 tot 0.55 m: roestkleurige ijzerzandsteen, gemakkelijk te breken, met ook groene delen en duidelijke bioturbatiegangen die soms licht in reliëf staan (kern weinig, rand sterker verkit), de groene delen zijn niet verkit, ook dieprode harde dunne laagjes (top is scherper afgeijnd dan de basis) - van 0.55 tot 1.00 m: los groen sterk glauconiethoudend matig fijn los zand, met bioturbatiegangen tussen 55 en 63 cm en vanaf 76 cm met zeer weinig roestverkleuring
K9	8,00-9,00	<p>lengte is 0.98 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.02 m: kernverlies - van 0.02 tot 0.55 m: grijsgroen (wat donkerder dan bovenliggende kern) zeer sterk glauconiethoudend matig fijn licht heterogeen los zand, met vage bioturbatiegangen, een weinig roestverkleuring - van 0.55 tot 0.98 m: iets meer bioturbatiegangen, de bioturbatiegangen hebben meestal een zwarte zoom rond een witte wand (oorspronkelijk holle kern opgevuld met zelfde zand al eromheen), glauconietgehalte neemt toe naar de basis
K10	9,00-10,00	<p>lengte is 1.00 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.51 m: zelfde los glauconiethoudend zand, overwegend grijs met roestverkleuring, verspreide bioturbatiegangen 0.51 – 1.00 m: plots zeer veel dunne bioturbatiegangen tot 0.68 m; grovere basis
K11	10,00-11,00	<p>lengte is 1.00 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.55 m: afwisseling van roestkleurig groengrijs zand met vage licht gestoorde stratificaties en bleekgroenig glauconiethoudend matig fijn zand, weinig kleihoudend, bioturbatiegangen in bleekgeelgrijs zand, op 0.35 m kleine verkitte roestkleurige brokjes - van 0.55 tot 0.55 m: duidelijke kleurgrens - van 0.55 tot 0.85 m: donkergroen met roestverkleuring, vochtig, kleihoudend matig fijn zand, glauconiethoudend, weinig maar goed afgetekende bioturbatiesporen - van 0.85 tot 0.93 m: afwisseling dieprode laagjes (mm tot cm dik) ijzerzandsteen en groen glauconiethoudend fijn zand - van 0.93 tot 1.00 m: roestrode fijnkorrelige vrij sterk glauconiethoudende en micahoudende ijzerzandsteen, harde compacte gebroken stukken
K12	11,00-11,77	<p>lengte is 0.98 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.02 m: kernverlies - van 0.02 tot 0.35 m: groen en roestkleurig geband volgens verkleuringspatroon, gelaagd weinig kleihoudend fijn zand, sterk glauconiethoudend, met grote glimmers, cm-dikke roodbruine verkitte laagjes, op 0.17, 0.22 en 0.27 m dun (2 mm) laagje bleke klei met soms door compactie opgebroken foresethelling (van 8° tot 15°), op 0.20 m stuk ijzerzandsteen van ongeveer 4 op 3 cm en 1 cm dik - van 0.35 tot 0.50 m: dunne laagjes grijsgroen glauconiethoudend fijn zand, weinig kleihoudend rond enkele 33 dikke harde limonietbandjes, ook wat roestverkleuringen - van 0.50 tot 0.54 m: beige zandrijke plastische klei, licht glauconiethoudend, sterk glimmerhoudend, fijn gestraticuleerd met dunne bleke zandlaagjes (ook glauconiethoudend en glimmerhoudend) - van 0.54 tot 0.57 m: dunne laagjes (mm) roodbruine ijzerzandsteen afgewisseld met dun roestbruin weinig kleihoudend fijn zand - van 0.57 tot 0.65 m: donkergroen kleihoudend sterk heterogeen zand, glauconiethoudend, glimmerhoudend, enkele roestkleurige zeer dunne laagjes, een dun bleek kleilaagje op 0.64 m; op 0.65 m mm-dik roodbruin goethietbandje

		<ul style="list-style-type: none"> - van 0.65 tot 0.69 m: bleek roestkleurig sterk kleihoudend fijn zand, glauconiethoudend, glimmerhoudend - van 0.69 tot 0.70 m: dun roestkleurig slap zandig kleilaagje - van 0.70 tot 0.75 m: groen maar roestig verkleurd kleihoudend fijn zand, glauconiethoudend, glimmerhoudend, met kleine versteningen - van 0.75 tot 0.77 m: roodbruin ijzerzandsteenlaagje
K12 vervolg	11,77-12,00	<ul style="list-style-type: none"> - van 0.77 tot 0.82 m: groen kleihoudend matig fijn zand glauconiethoudend, glauconiet soms sterk geconcentreerd, veel glimmers, ook roestverkleuring - van 0.82 tot 0.87 m: roodbruine stukken ijzerzandsteen, roestkleurige laagjes erin als de steen gebroken wordt - van 0.87 tot 0.89 m: groen kleihoudend fijn zand zeer sterk glauconiethoudend, glimmerhoudend - van 0.89 tot 0.92 m: grijze plastische klei, sterk doorspikkeld met glauconiet - van 0.92 tot 0.94 m: laagje roodbruine ijzerzandsteen - van 0.94 tot 1.00 m: los in de kern roestbruin kleihoudend fijn zand, glauconiethoudend, glimmerhoudend
K13	12,00-13,00	<p>lengte is 0.98 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.02 m: kernverlies - van 0.02 tot 0.41 m: roodbruine ijzerzandsteen, met heterogene korrelgrootte, met wisselende hardheid, tot 7 cm met bleek-oranjebruine bandjes, meestal in compacte cm dikke banken waarvan de onderste 10 cm dik is, het onderste laagvlak is zeer recht, op 0.13 m groene zandhoudende kleilaag van 2 cm dik, met scherpe rechte grens op 0.15 m met dun ijzerzandsteenlaagje, dan ongeveer 1 cm roestbruine fijnzandhoudende klei alvorens weer ijzerzandsteen - van 0.41 tot 1.00 m: groengrijs sterk glauconiethoudend grof zand, roestkleurige schijn, enkele roestvlekken en vage strepen, gehomogeniseerd zonder bedding of bioturbatie
K14	13,00-14,00	<p>lengte is 0.88 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.12 m: kernverlies - van 0.12 tot 1.00 m: groengrijs sterk glauconiethoudend heterogeen grof los zand, roestkleurige schijn, de roeststrepen worden duidelijk afgelijnd en gaan tot enkele cm dik, naar de basis toe een paar donkere vlekjes
K15	14,00-15,00	<p>lengte is 0.96 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.58 m: roestgroen sterk glauconiethoudend fijn zand, vage roeststrepen, enkele roestkleurige en zwarte stippen - van 0.58 tot 0.64 m: groen zeer sterk glauconiethoudend heterogeen zand, met vage donkere banden (5-tal cm) en wat roestverkleuringen - van 0.64 tot 0.78 m: bleker groengrijs sterk glauconiethoudend heterogeen eerder fijn zand, enkele kleihoudende brokken, grote (+- 1 cm) roestvlek op 0.82 m 0.78 – 0.96 m: zand wordt nog bleker en zeer grof, volledig los, zonder cohesie - van 0.96 tot 1.00 m: geen kern
K16	15,00-16,00	<p>lengte is 1.00 m</p> <ul style="list-style-type: none"> - van 0.00 tot 0.87 m: sterk roestbruin verkleurd groengrijs grof heterogeen zand, ook een aantal donkere vlekken, met bruine siderietische klei en zwarte streep op 0.66 en op 0.86 m; geleidelijk vaag gestratificeerd met roeststrepen en zwarte klasten (zand in zwarte matrix, lijkt op fosfaatgruis) - van 0.87 tot 1.00 m: met scherpe grens overgaand in groen zeer sterk glauconiethoudend grof heterogeen zand, ook enkele grove korrels (>2 mm in heldere ronde kwarts), vanaf 0.96 m iets kleihoudend en donkerder van kleur

BIJLAGE 3

Kepkensberg A

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
0	Zandig organisch materiaal	Fijn zand	Bruin-zwart 7,5YR2,5/1
0,08	Homogeen zand	Slecht gesorteerd fijn zand	Oranje-bruin 10YR5/6
0,25	Homogeen zand	Slecht gesorteerd fijn zand	Roest-bruin 7,5YR4/6
0,50	Homogeen zand	Slecht gesorteerd fijn-middelmatig zand	Oranje-bruin 10YR5/6
0,65	Glaucioniethoudende kleiig zand met brokjes Fe-zandsteen (<10mm) en stukjes gecachaloniseerde vuursteen	Zeer slecht gesorteerd middelmatig-grof zand, klei-agglomeraten	Groenig beige 2,5Y5/3
0,75	Glaucioniethoudend, kleiig zand	Slecht gesorteerd middelmatig-grof zand, klei-agglomeraten	Licht beige 10YR6/6
0,90	Glaucioniethoudend, kleiig zand met brokjes Fe-zandsteen aan de basis (<10 mm)	Slecht gesorteerd middelmatig-grof zand, klei-agglomeraten	Groenig bruin 2,5Y5/4
1			

Kepkensberg A

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
1	Lichtjes aaneengkit homogeen zand	Middelmatig zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6 beige 10YR6/6
1,05	Glaucioniethoudend kleiig zand met zeer kleine brokjes Fe-zandsteen (<5mm)	Fijn zand	Groenig beige 2,5Y5/4
1,18	Zand met brokjes Fe- zandsteen (<10mm) en laagje organisch materiaal aan basis	Fijn-middelmatig zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
1,30	Kleiig zand met enkele grotere korrels (klei- agglomeraten kwarts)	Fijn-middelmatig zand; Klei-agglomeraten	Groenig bruin 2,5Y4/4
1,55	Homogeen zand	Fijn zand	Bruin 10YR4/6 Beige 2,5Y5/6
1,65	Kleiig zand met kleine brokjes Fe-zandsteen	Fijn-middelmatig zand	Kaki groen 5Y5/3
1,8	Kleiig zand enkele grotere korrels (<2mm)	Slecht gesorteerd overwegend middelmatig tot grof zand; Klei-agglomeraten	Beige groen 2,5Y5/6
2			

Kepkensberg A

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
2	Kleilig zand met enkele grotere korrels kwarts (<2mm)	Slecht gesorteerd middelmatig tot grof zand; Klei-agglomeraten	Donker groen 5Y4/4
2,05			
3	Erg glauconiethoudend zand met enkele grotere korrels kwarts (<2mm) en enkele stukjes gecachaloniseerde vuursteen	Zeer slecht gesorteerd zand (fijn-middelmatig-grof)	Grijs-groenig bruin 2,5Y4/3

Kepkensberg B

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
0	Zandig organisch materiaal	Vooraf humus	Bruin-zwart 7,5YR2,5/1
0,05	Zand met Fe-zandsteen fragmenten (<10mm)	Fijn-middelmatig zand	Chocolade bruin 10YR3/4
0,20	Zand met Fe-zandsteenfragmenten/schollen (van 10mm tot 30mm) (doorboord)	Fijn-middelmatig zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
0,65	Homogeen, weinig glauconiethoudend zand	Fijn zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
0,85	kleiig zand met lichte oxidatie (chocolade bruin) en stukjes gecachaloniseerde vuursteen	Zeer slecht gesorteerd zand (fijn-middelmatig-grof); Klei-agglomeraten	Kaki groen 5Y 5/4 met donkere groene en chocolade bruine vlekken
1			

Kepkensberg B

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
1	Zand met Fe-zandsteen fragmenten (<20mm) en enkele grote fragmenten glauconiet	Fijn zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
1,20 1,22	Kleihoudende zand met organisch laagje aan de top	Zeer slecht gesorteerd zand (fijn-middelmatig-grof); klei-agglomeraten	Donker groen
1,45	Glauconiethoudend, kleiig zand met enkele grotere korrels (kwarts en glauconiet)	Zeer slecht gesorteerd zand (fijn-middelmatig-grof); klei-agglomeraten	Beige-bruin 10YR5/4
1,60	Schollen Fe-zandsteen en zand (zandsteen = korst rondom glauconietknol)	Slecht gesorteerd fijn-middelmatig zand	Oranje-beige (zand) 10YR5/8
1,65	Zand met enkele grotere korrels	Zeer slecht gesorteerd fijn-middelmatig zand	Chocolade bruin 7,5YR4/6
2	Zand met enkele licht verijzerde fragmentjes (<2mm)	Zeer slecht gesorteerd zand (fijn-middelmatig-grof)	Groenig bruin 2,5Y5/4

Rodeberg

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
0	Organisch rijk zand met vele keitjes (Fe-zandsteen in vorming, aaneengekit) (<15mm)	Fijn zand	Donker bruin 10YR3/2 (top) chocolade bruin 7,5YR4/6
0,20	Schollen Fe-zandsteen (+/- 20mm)	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR 4/4
0,25	Zand met weinig brokstukken Fe-zandsteen	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6
0,50	Schollen Fe-zandsteen	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR3/6

Rodeberg

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
1	Zand met weinig brokstukken Fe-zandsteen	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6
1,10			
1,55	Aaneengekit zand en brokstukken Fe-zandsteen	Fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6
2			

Kapittelberg

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
0	Zand met weinig organisch materiaal	Fijn zand	donker bruin 10YR3/3
0,30	Zand met weinig klei	Fijn zand, klei-aggregaten	Chocolade bruin 10YR3/6
0,50	kleiig zand	Fijn zand, klei-aggregaten	Bruin 10YR4/3
0,65	Aaneengekit kleiig zand	Fijn zand; Klei-aggregaten	Groen bruin met fel groene zones (buine vlekken 10YR4/6)
1			

Kapittelberg

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
1	Kleilig zand	Fijn zand	Groen bruin met fel groene zones (buine vlekken 10YR4/6)
1,05	Weinig kleilig zand	Fijn zand	Chocolade bruin 7,5YR3/4
1,10	Zandige glauconietrijke klei	Klei-aggregaten; Fijn zand	Fel groen
1,20	Glaucanietrijk zand, enkele lichte verhardingen op 1,75 tot 1,80 m (Fe-zandsteen schollen in vorming)	Middelmatig zand	Kaki groen 5Y4/4
2			

Gasthuisbos

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
0	Organisch materiaal, lemig	Hoofdzakelijk organisch materiaal	donker bruin 10YR3/2
0,02	Egaal leem	Leem	Bleek beige 10YR7/6
0,05	Egaal leem	Leem	Beige-bruin 10YR5/6
0,40	Egaal leem, bleek leem komt vlekkelig voor in donkerder leem	Leem	Beige bruin 10YR5/6 bleek beige 10YR7/4
1			

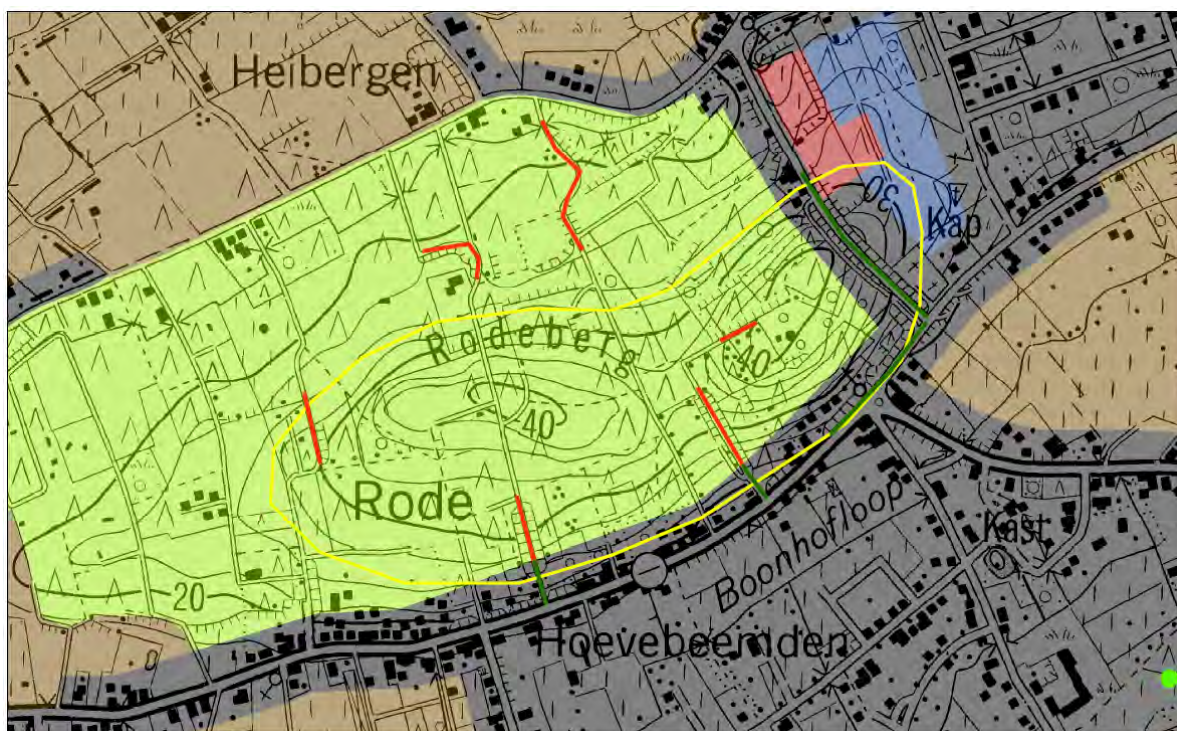
Gasthuisbos

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
1	Egaal leem, bleek leem komt vlekkelig voor in donkerder leem	Leem	Beige bruin 10YR5/6 Bleek beige 10YR7/4
1,30	Weinig glauconiethoudend aaneengekit zand, sommige zones verijzerd, met enkele grovere korrels (kwarts en glauconiet), bijmenging van leem	Slecht gesorteerd middelmatig zand	Chocolade bruin 10YR4/6
	Fe-zandsteen schollen en licht aaneengekit zand	Slecht gesorteerd middelmatig zand	Chocolade bruin 10YR4/6
1,80	Weinig glauconiethoudend zand met enkele grovere korrels (kwarts en glauconiet)	Slecht gesorteerd fijn-middelmatig zand	Chocolade bruin 10YR4/6
1,95	Schollen Fe-zandsteen (fragmenten < 10mm) met weinig glauconiethoudend zand	Slecht gesorteerd fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6
2			

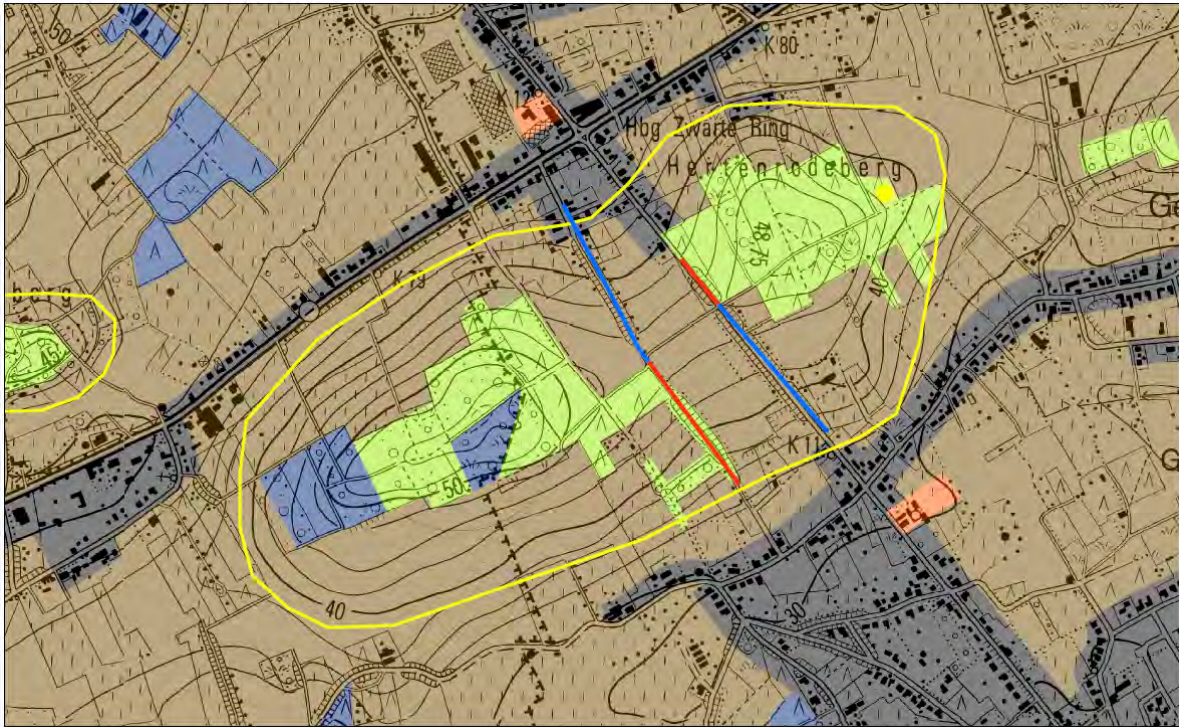
Gasthuisbos

Diepte (m)	Beschrijving	Korrelgrootte	kleur
2	Schollen Fe-zandsteen (fragmenten < 10mm) met weinig glauconiethoudend zand	Slecht gesorteerd fijn zand	Chocolade bruin 10YR4/6
2,15	Weinig glauconiethoudend zand met enkele groene kleiige zones (agglomeraten) en vele kleine fragmentjes Fe-zandsteen (<10mm)	Slecht gesorteerd middelmatig zand	Chocolade bruin 10YR4/6
3			

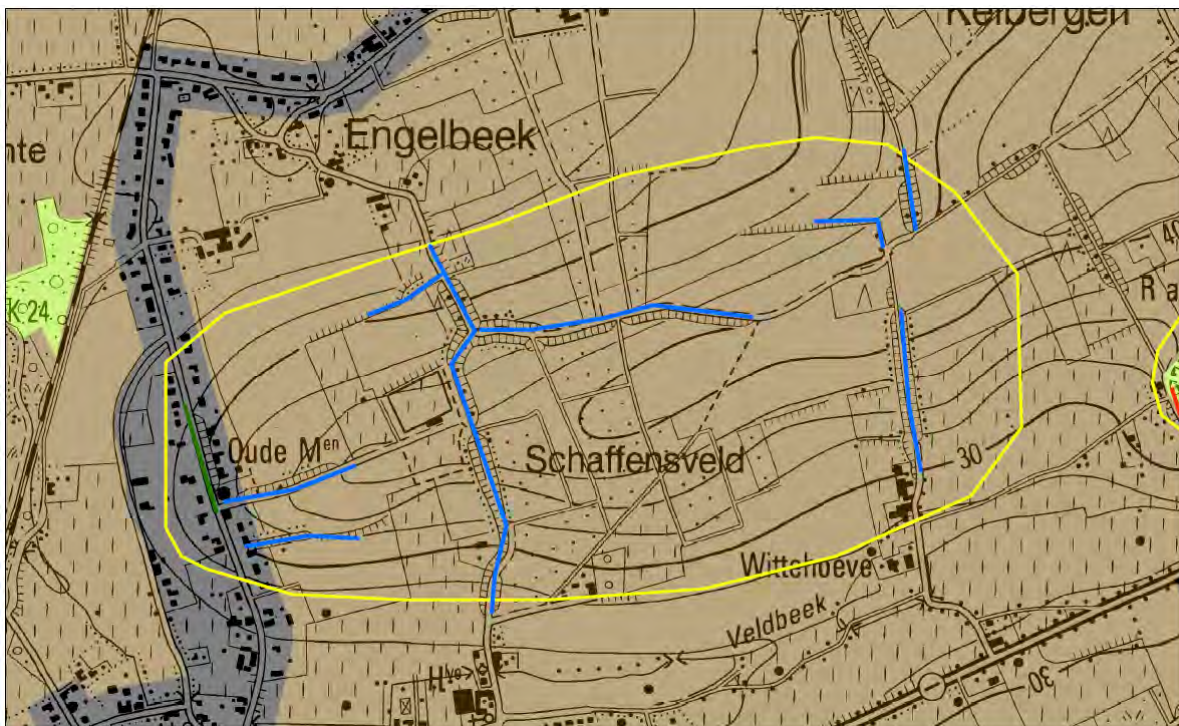
BIJLAGE 4



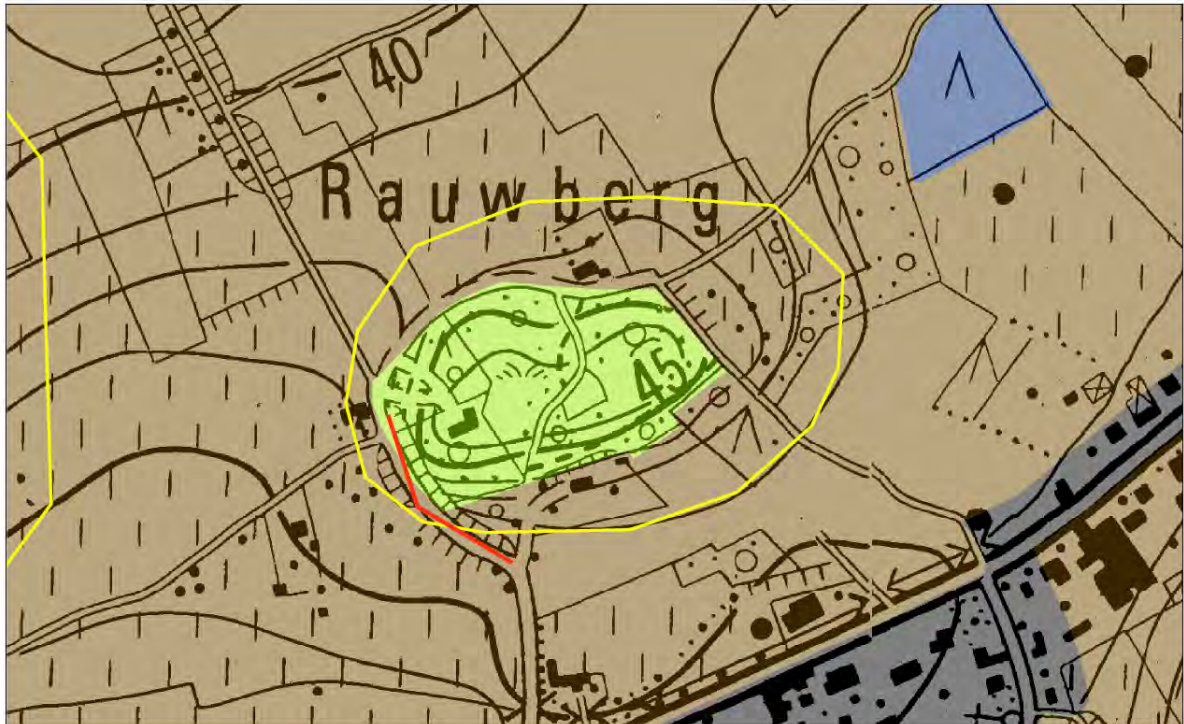
Locatie 1: Rodeberg (Scherpenheuvel-Zichem)



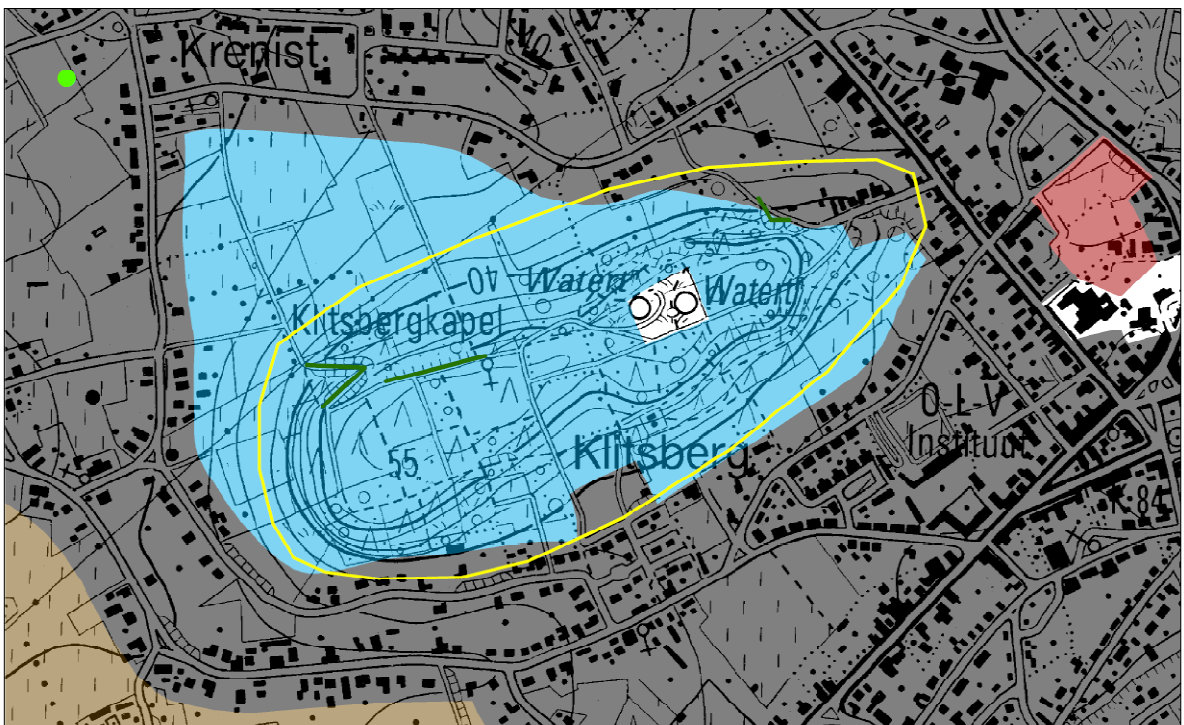
Locatie 2: Hertenrodeberg (Lummen/Diest)



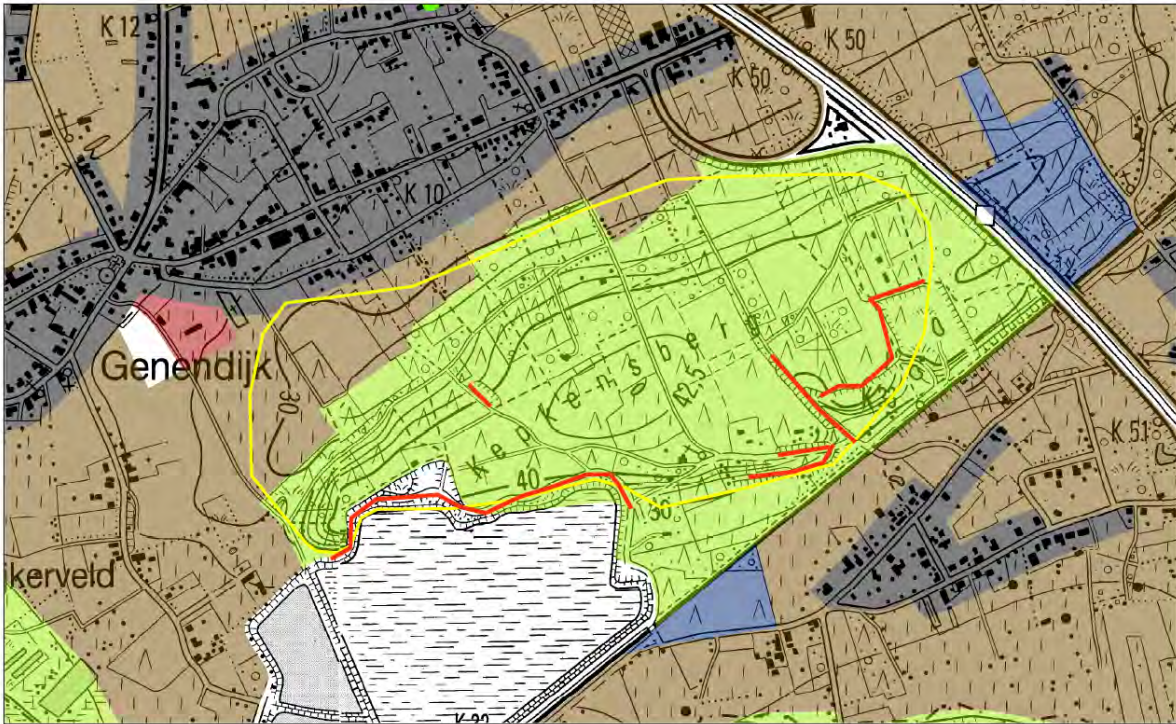
Locatie 3: Schaffensveld (Diest)



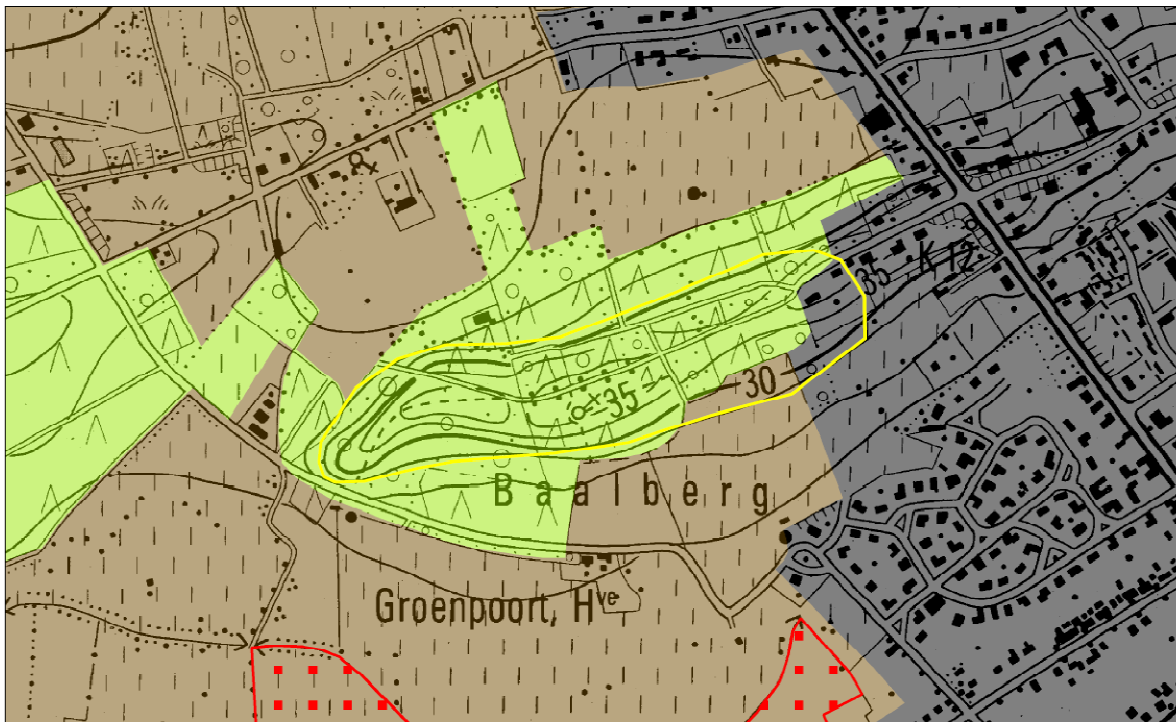
Locatie 4: Rauwberg (Diest)



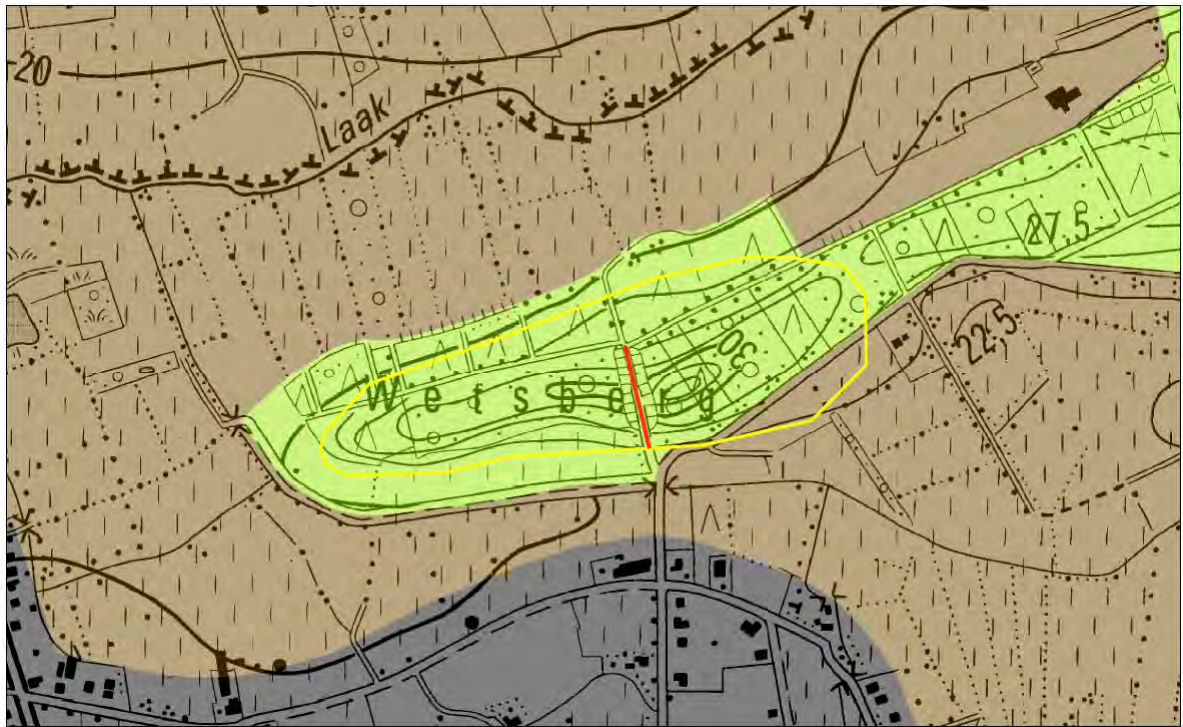
Locatie 5: Klitsberg (Beringen)



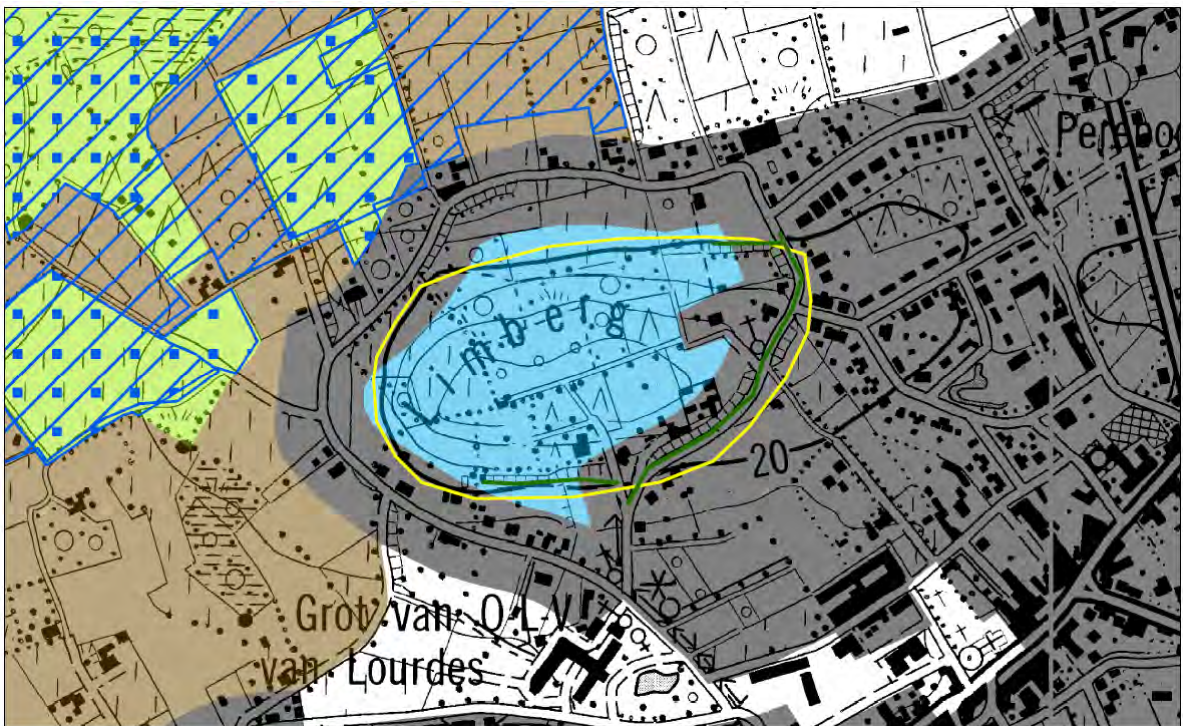
Locatie 6: Kepkensberg (Ham)



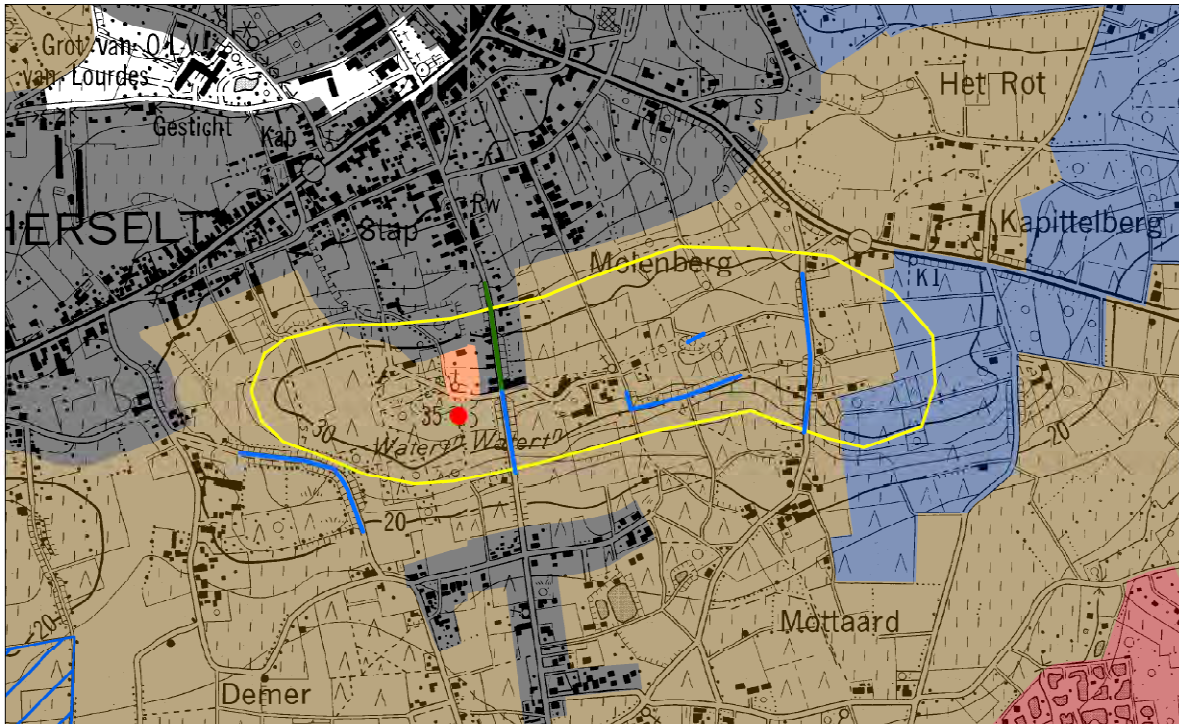
Locatie 7: Baalberg (Tessenderlo)



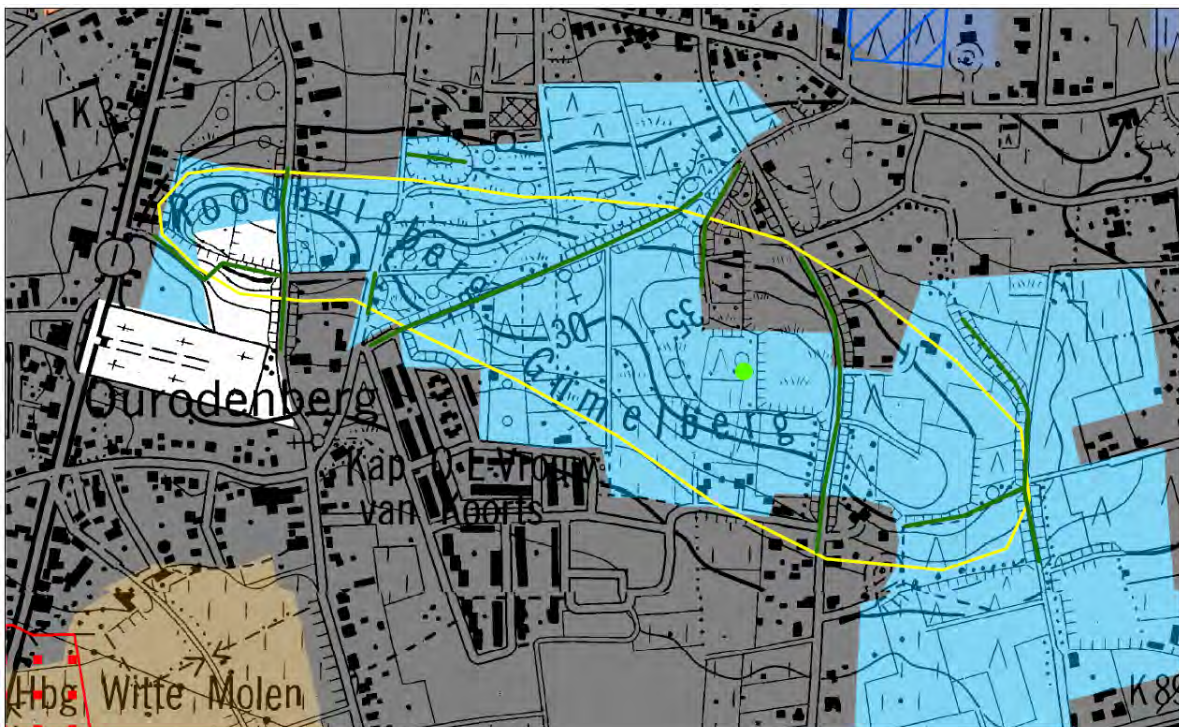
Locatie 8: Wetsberg (Tessenderlo)



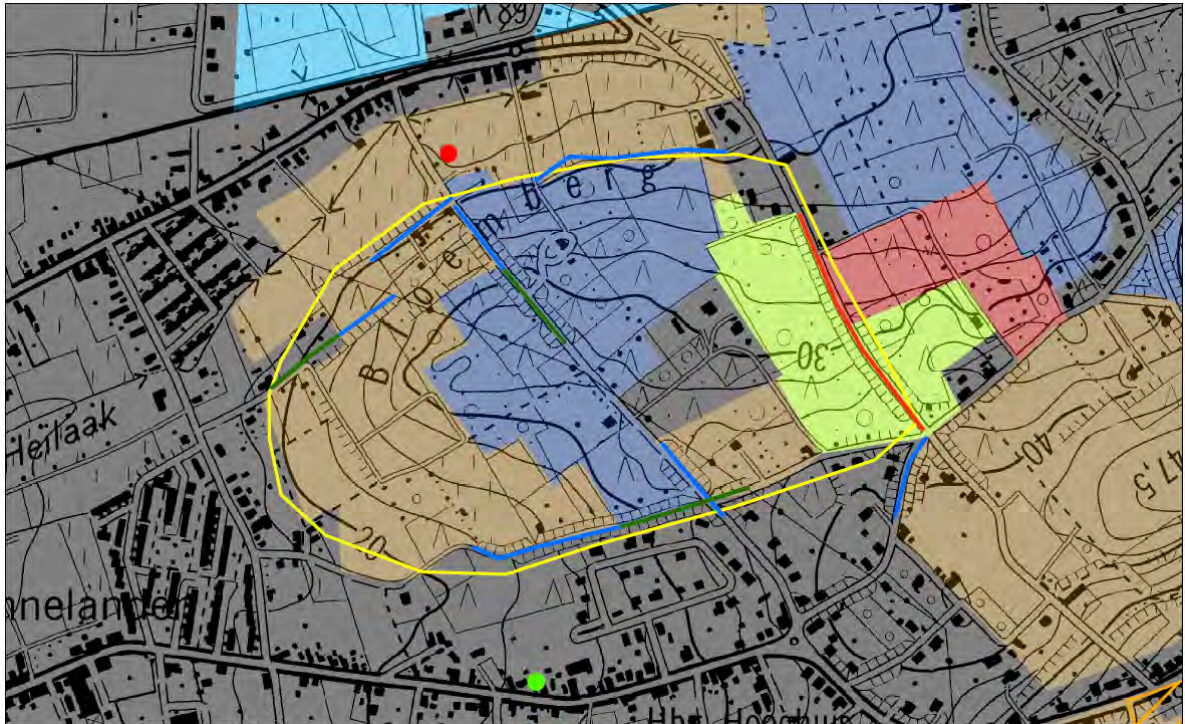
Locatie 9: Limberg (Herselt)



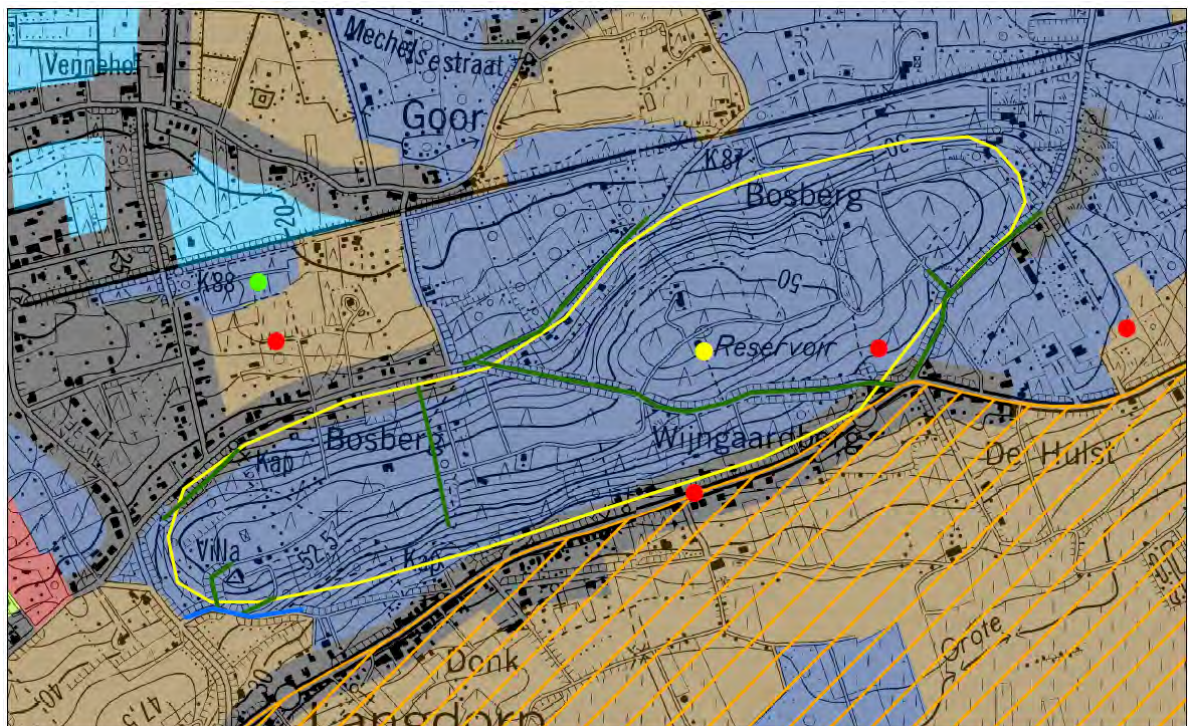
Locatie 10: Molenberg (Herselt)



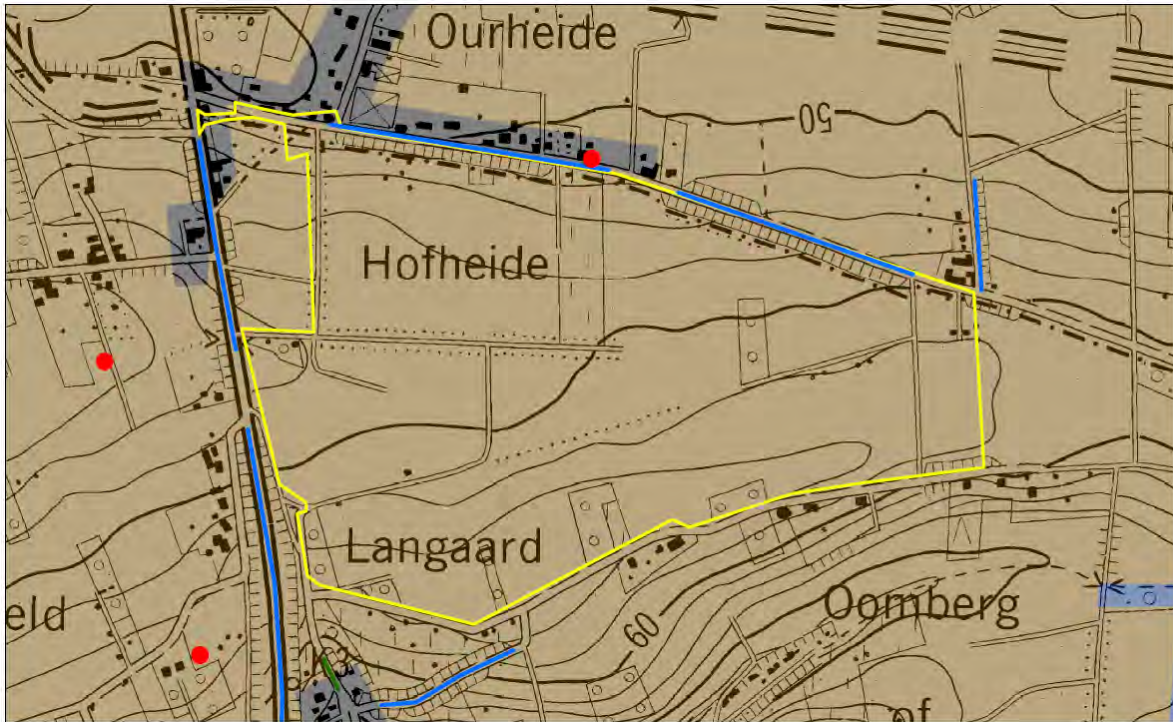
Locatie 11: Roodhuisberg – Gijmelberg (Aarschot)



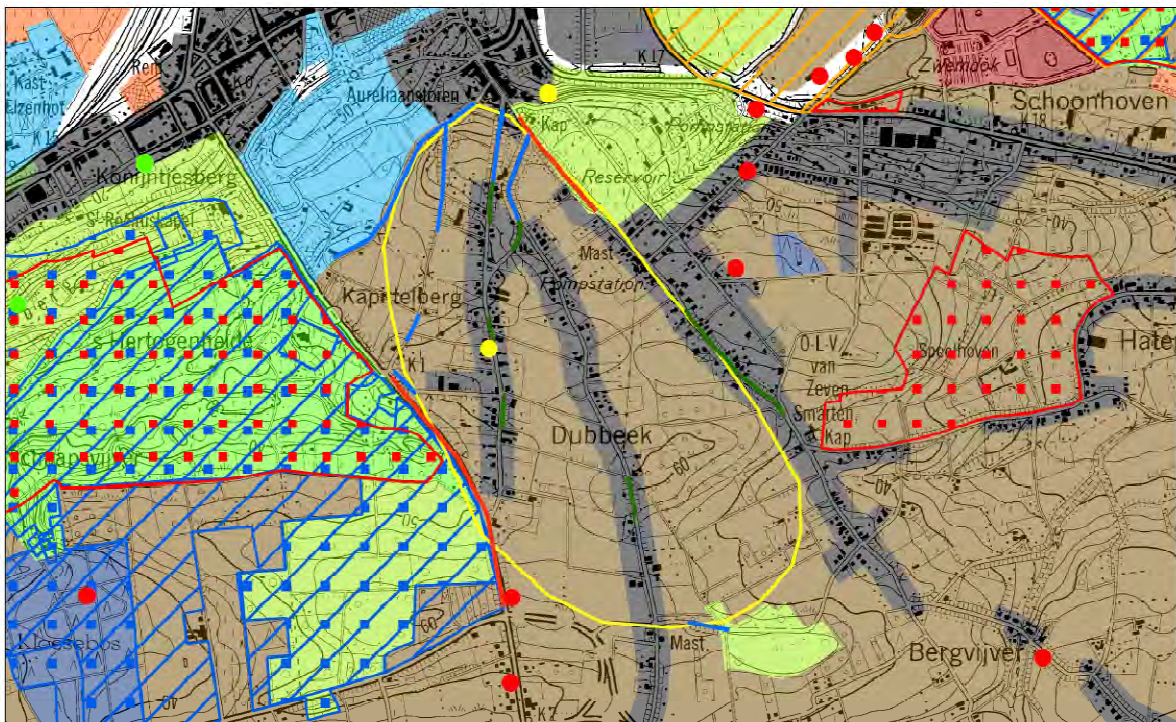
Locatie 12: Bloemberg (Aarschot)



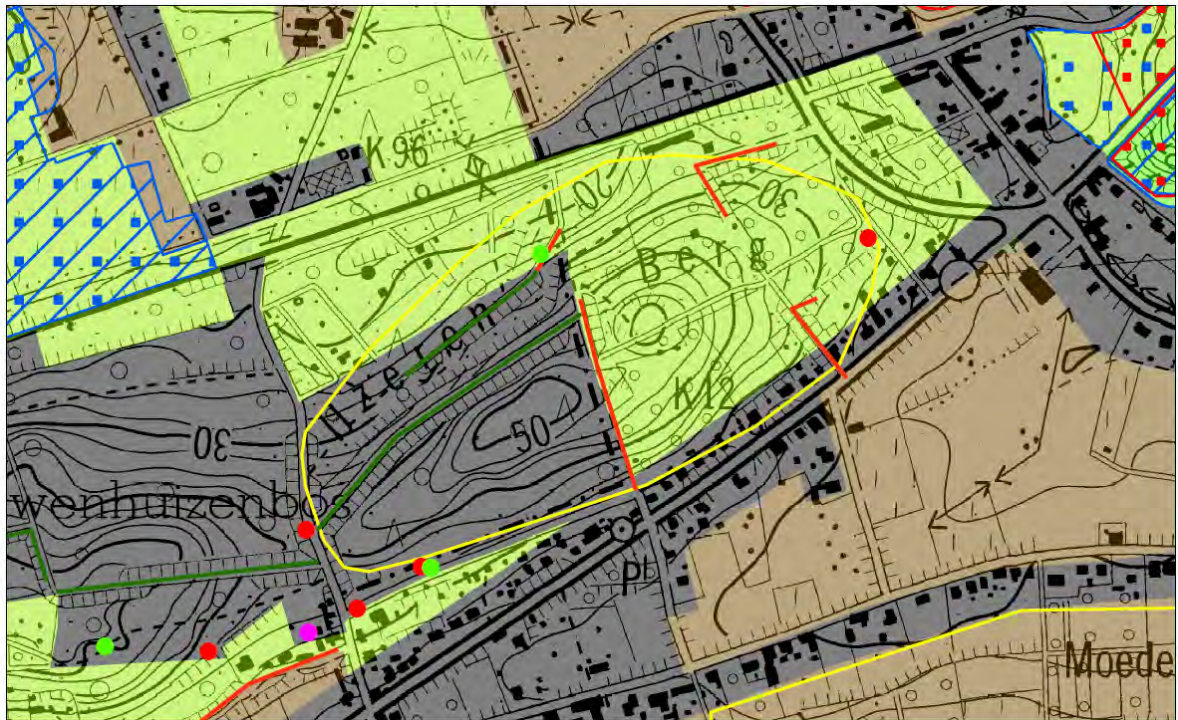
Locatie 13: Bosberg – Wijngaardberg (Aarschot)



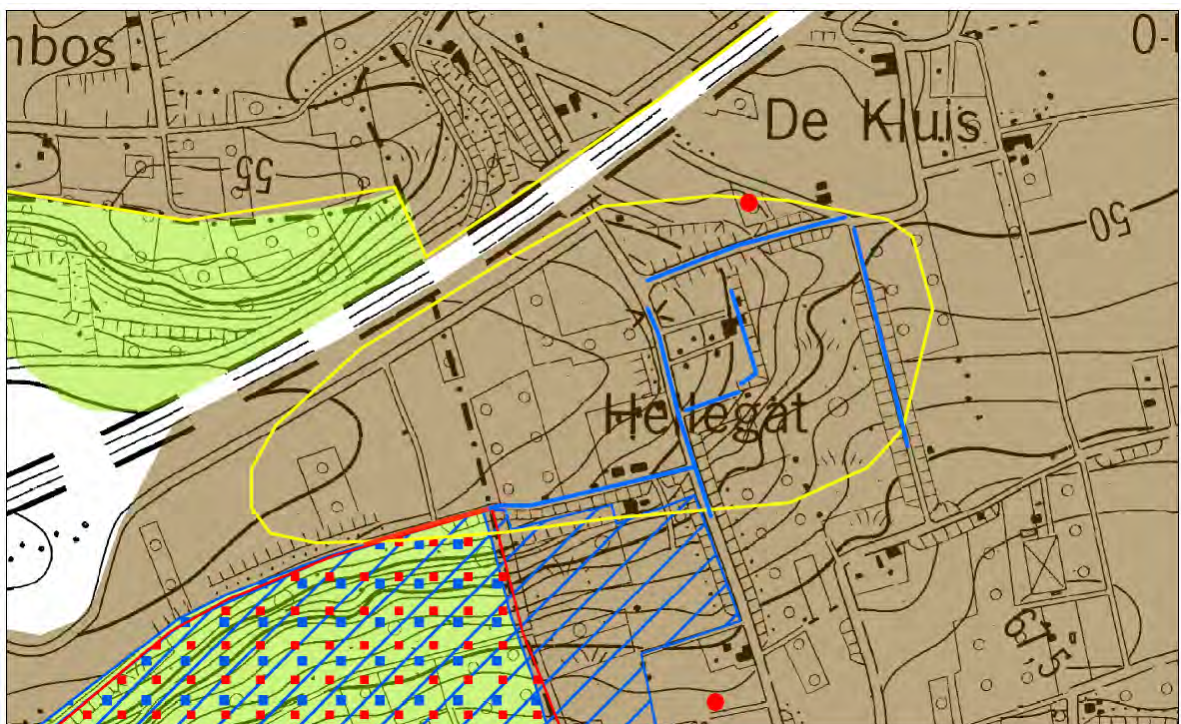
Locatie 14: Hofheide (crematorium) (Aarschot/Holsbeek)



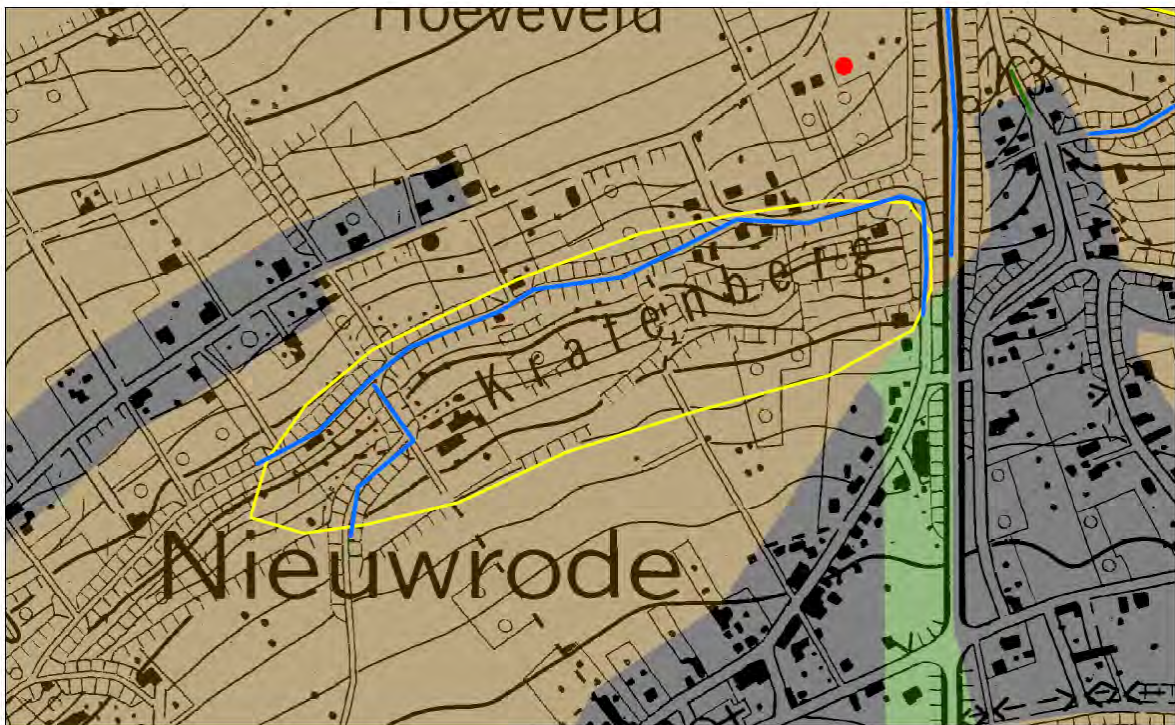
Locatie 15: Kapittelberg (Aarschot)



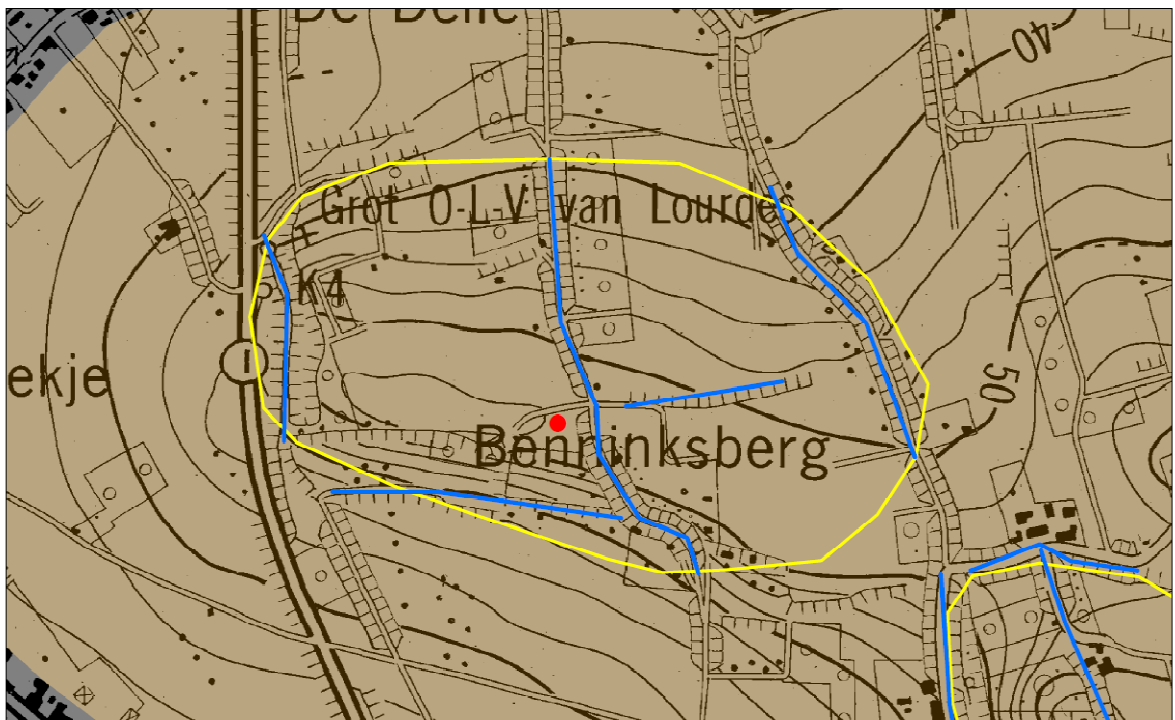
Locatie 16: Ijzeren Berg (Aarschot/Rotselaar)



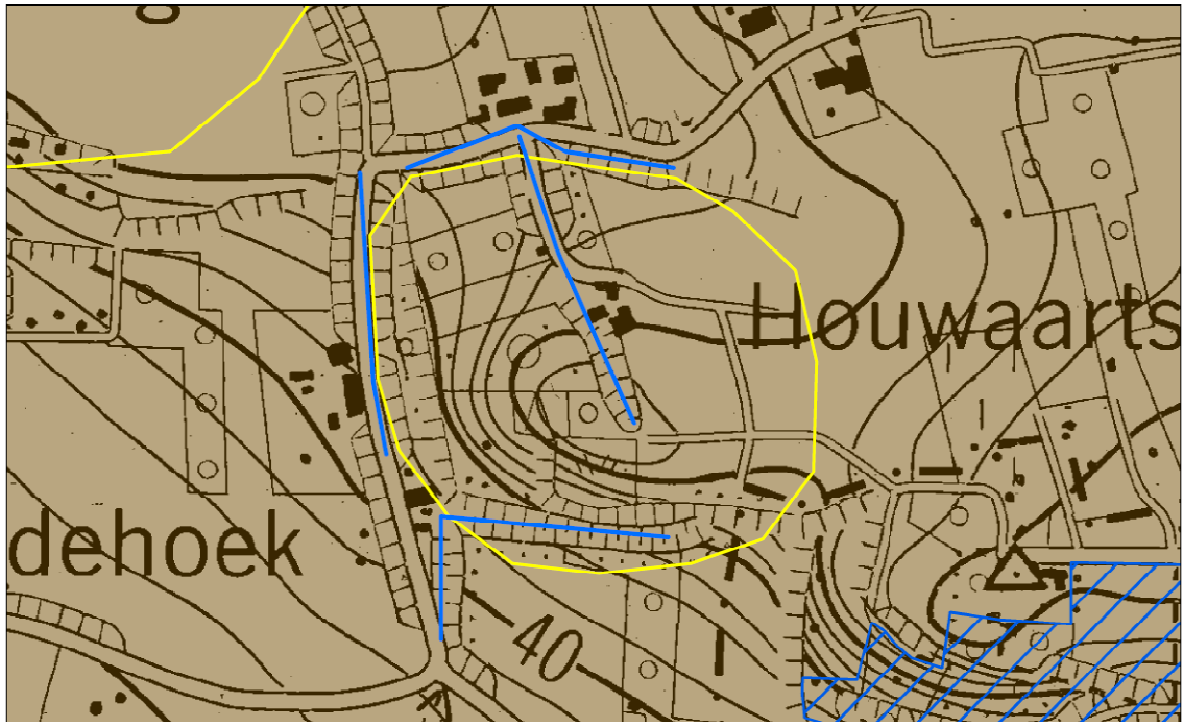
Locatie 17: Hellegat (Holsbeek/Rotselaar)



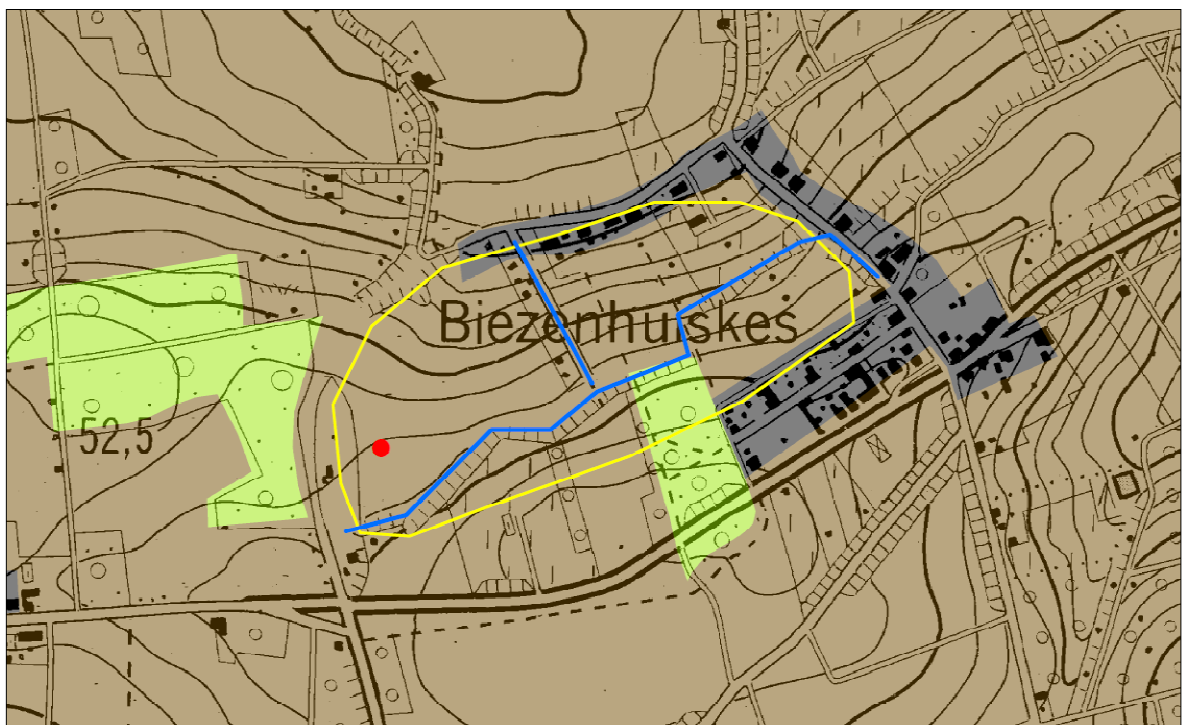
Locatie 18: Kratenberg (Holsbeek)



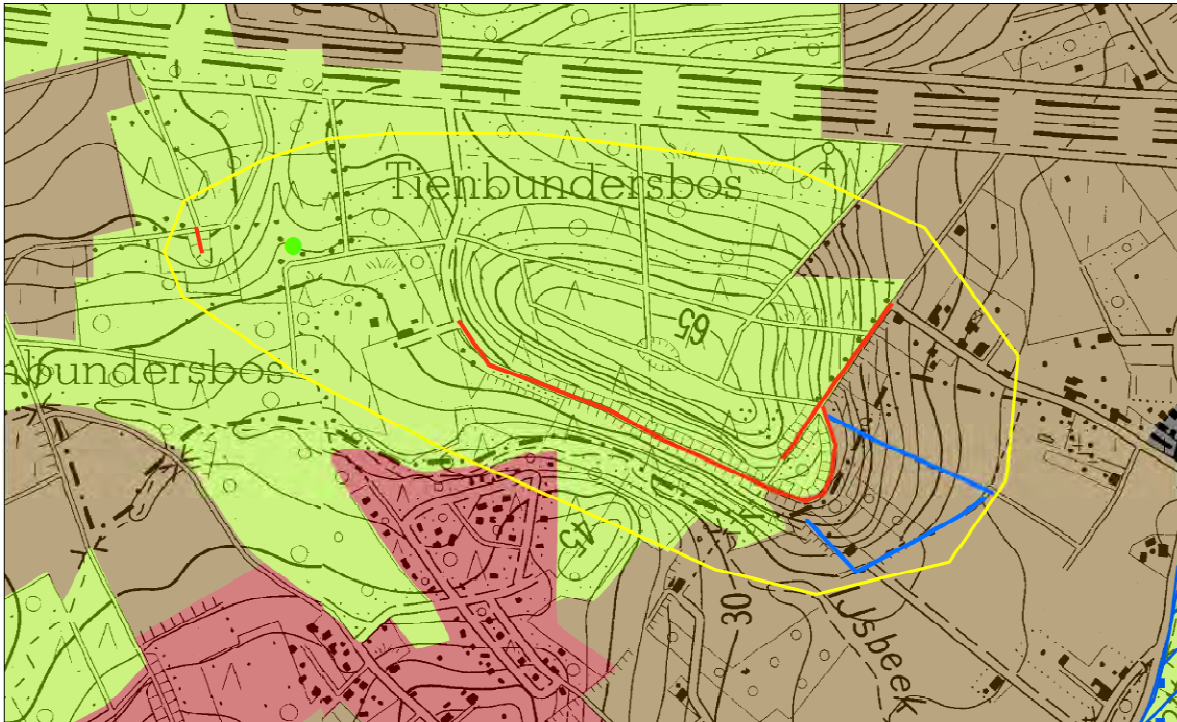
Locatie 19: Benninksberg (Holsbeek)



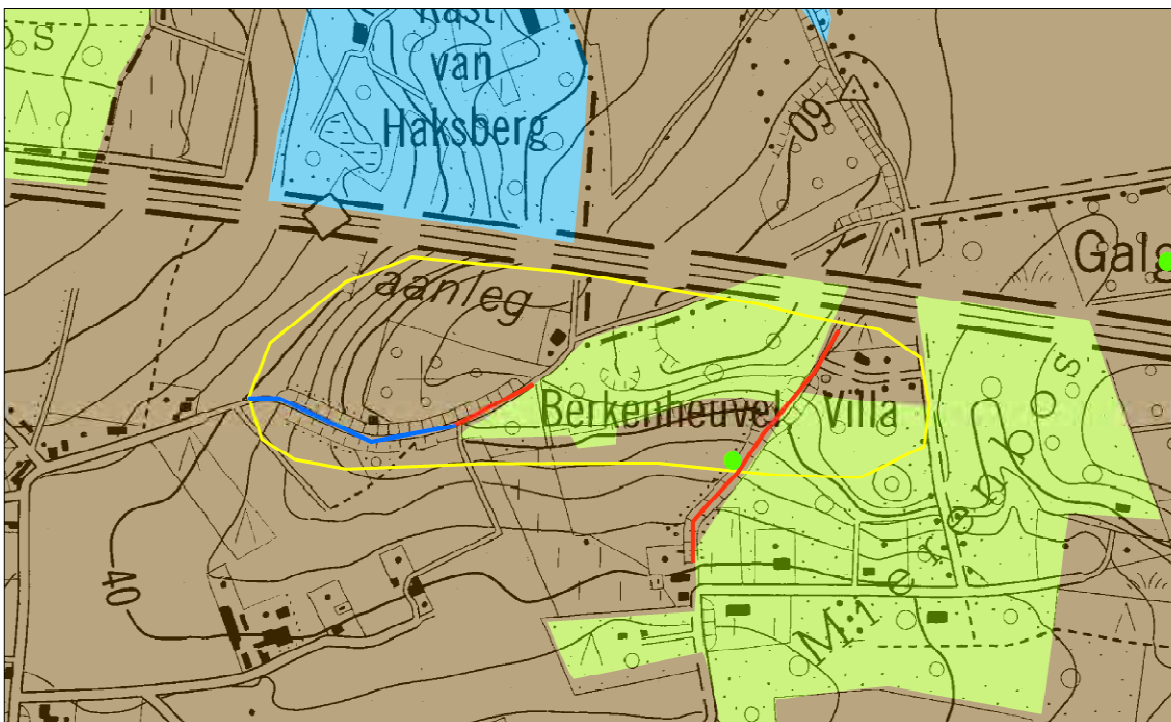
Locatie 20: Houwaartsgat (Holsbeek/Tielt-Winge)



Locatie 21: Biezenhuiskes (Aarschot)



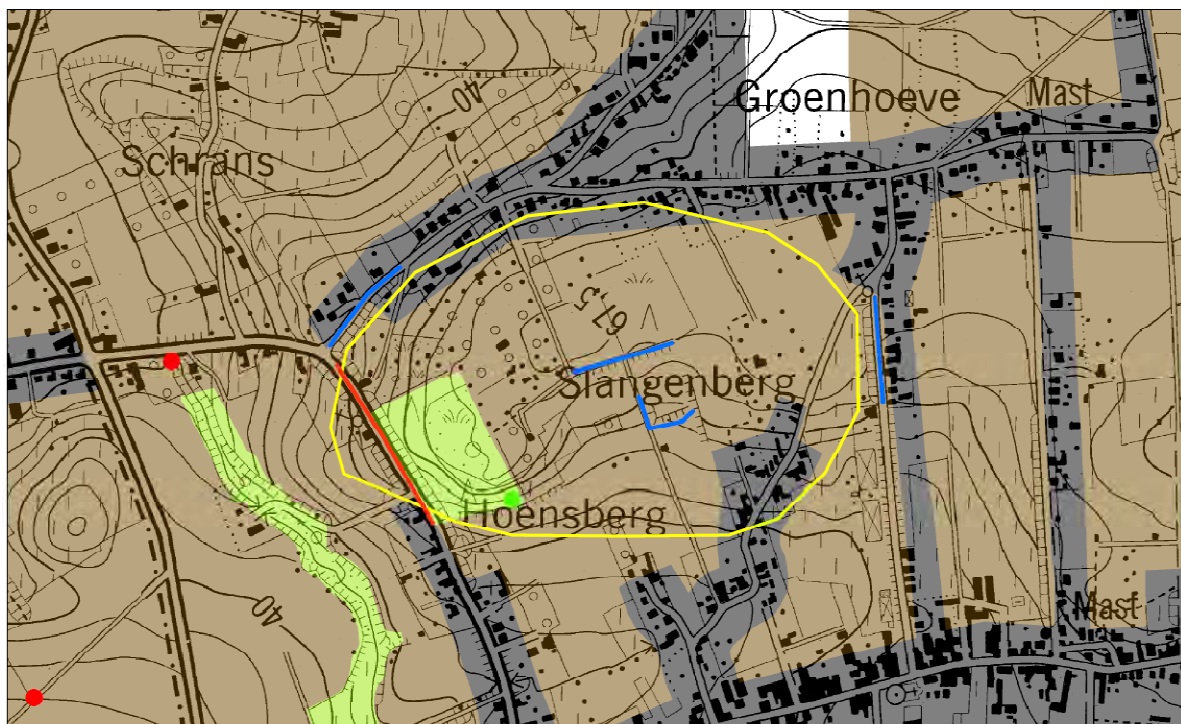
Locatie 22: Tienbundersbos (Aarschot/Tielt-Winge)



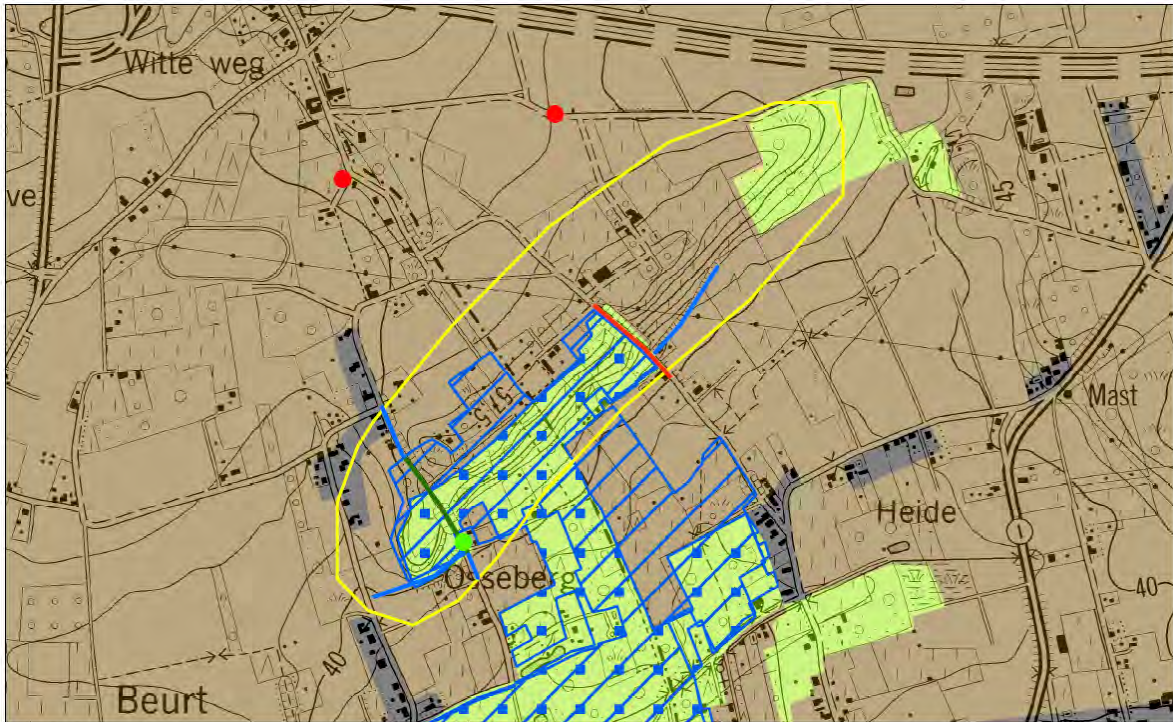
Locatie 23: Mierenbos (Berkenheuvel Villa) (Tielt-Winge/Aarschot)



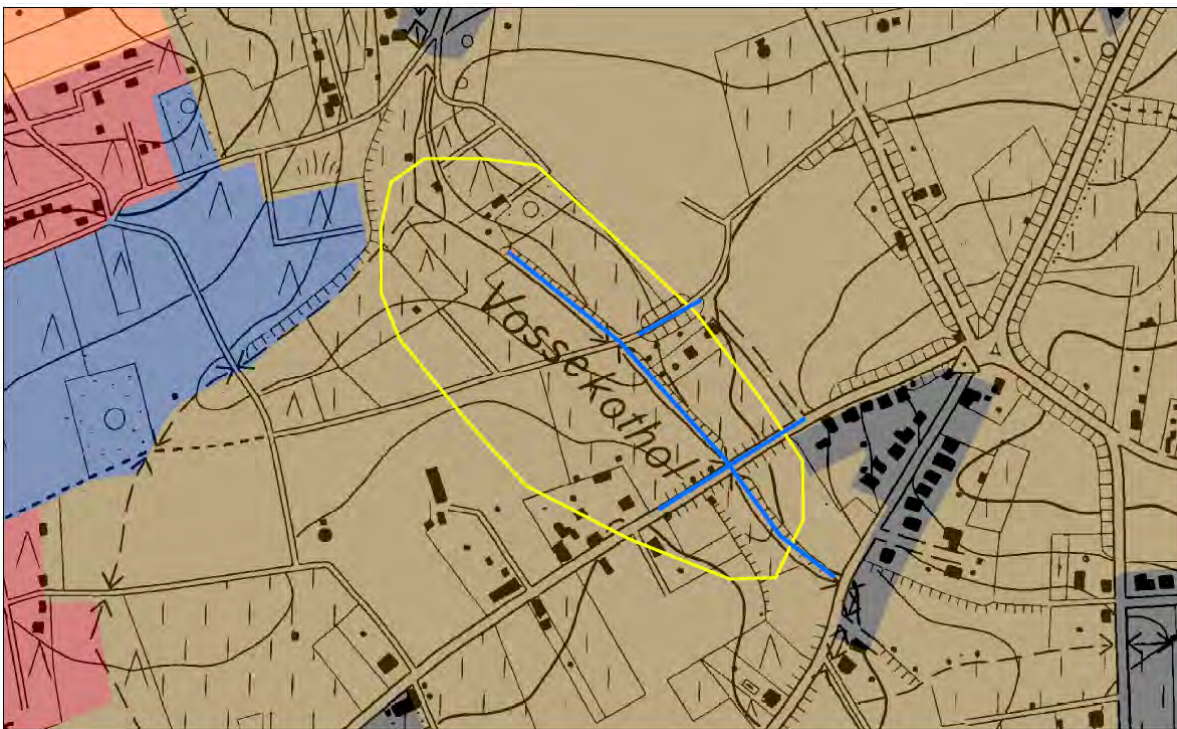
Locatie 24: Haksberg (Aarschot)



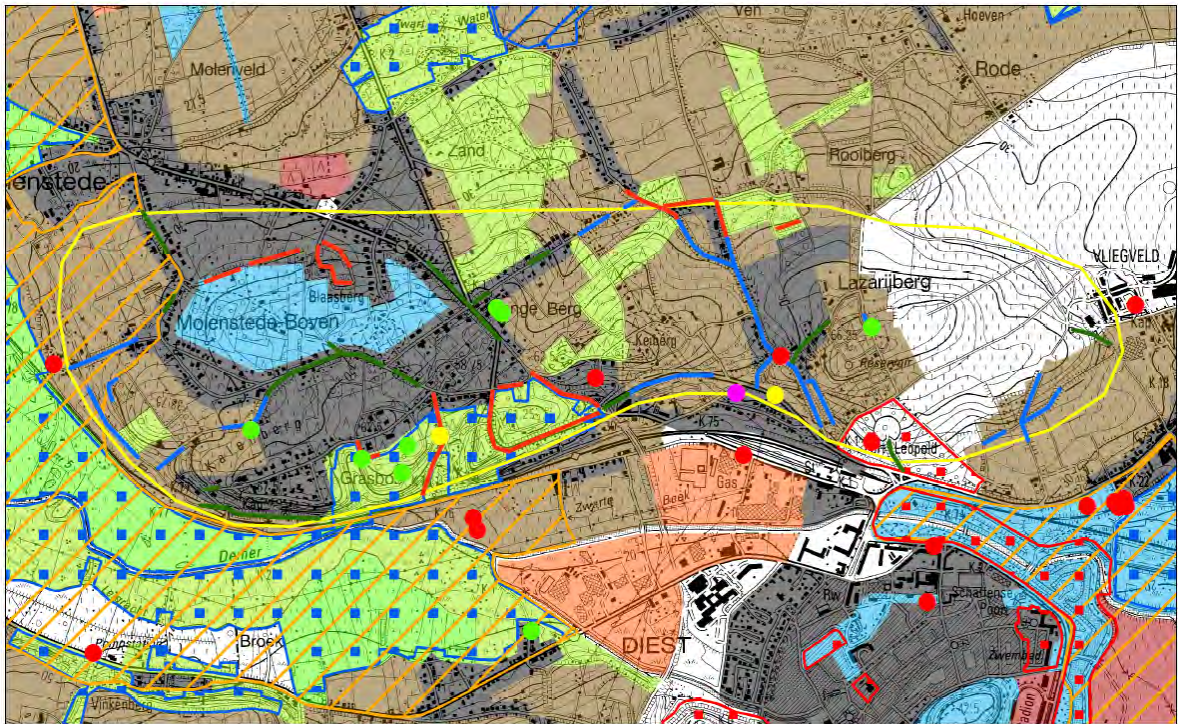
Locatie 25: Slangenbergt – Hoensbergt (Scherpenheuvel-Zichem)



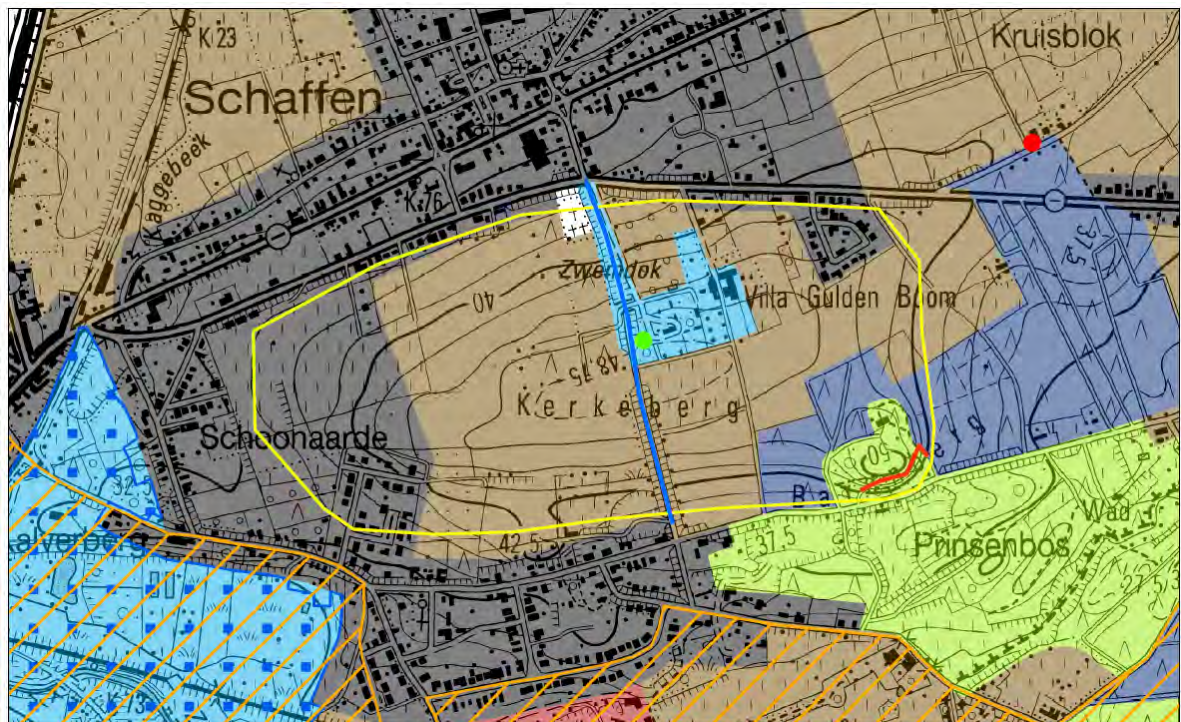
Locatie 26: Osseberg (Bekkevoort/Tielt-Winge)



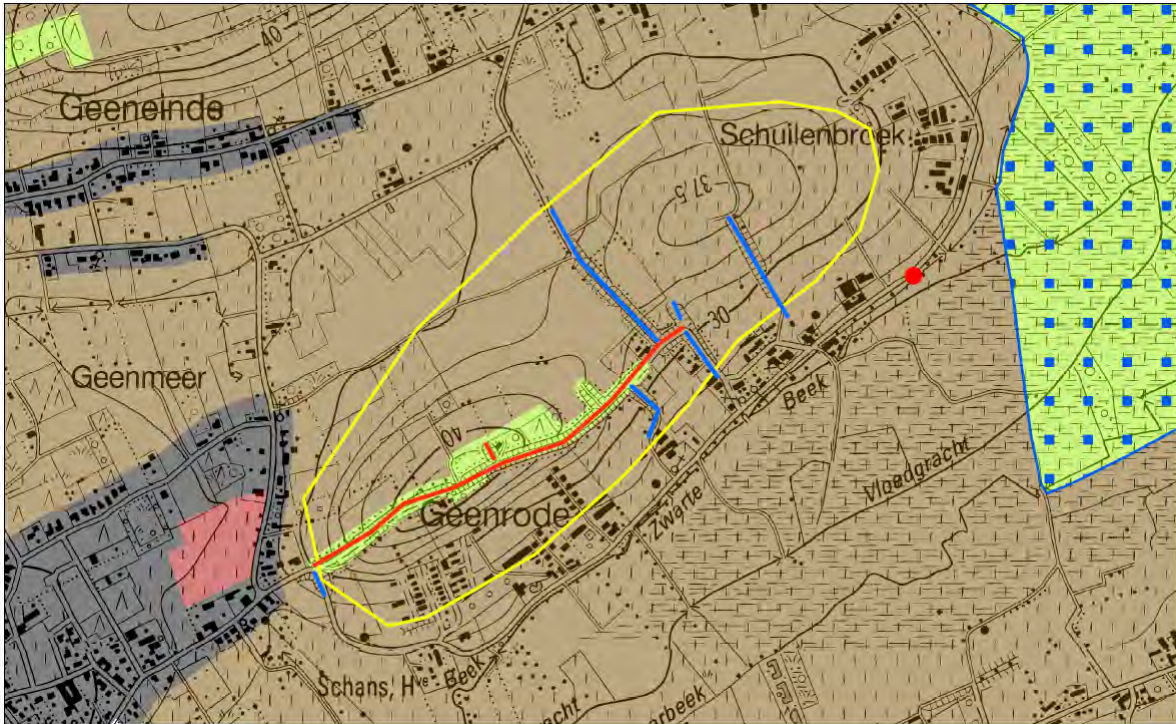
Locatie 27: Vossekothol (Scherpenheuvel-Zichem)



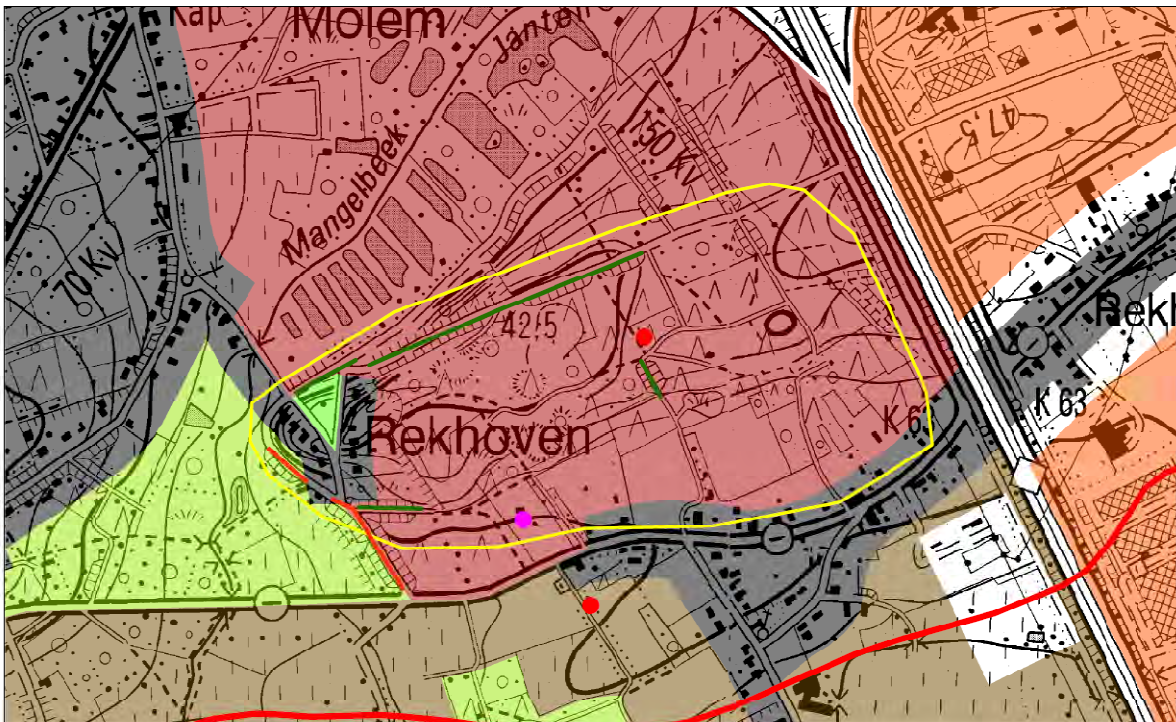
Locatie 28: Molenstede-Boven – Lang Berg – Lazarijberg (Diest)



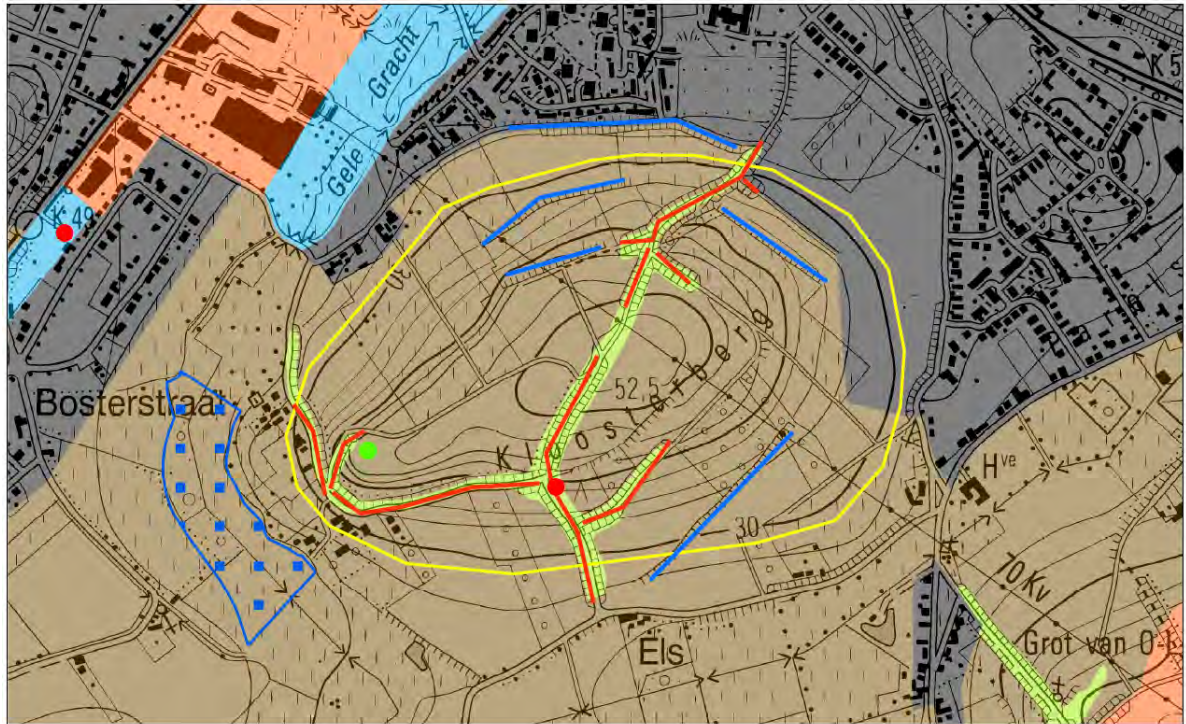
Locatie 29: Kerkeberg (Diest)



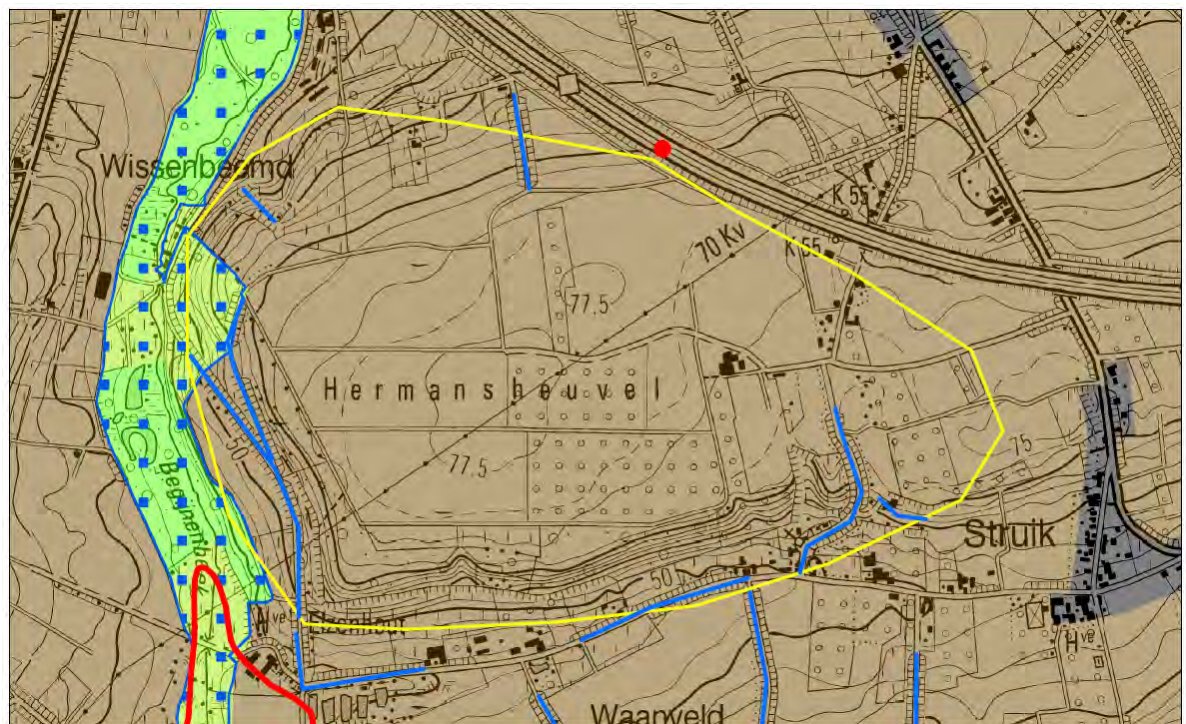
Locatie 30: Geenrode – Schuilenbroek (Lummen)



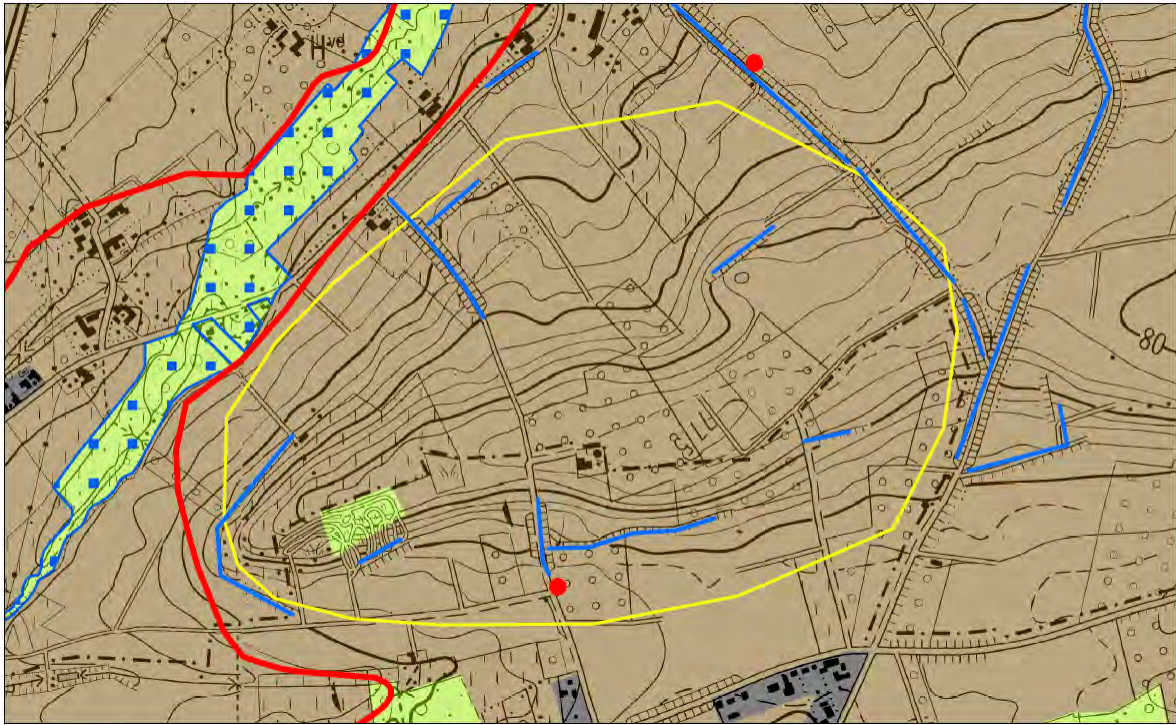
Locatie 31: Rekhoven (Lummen)



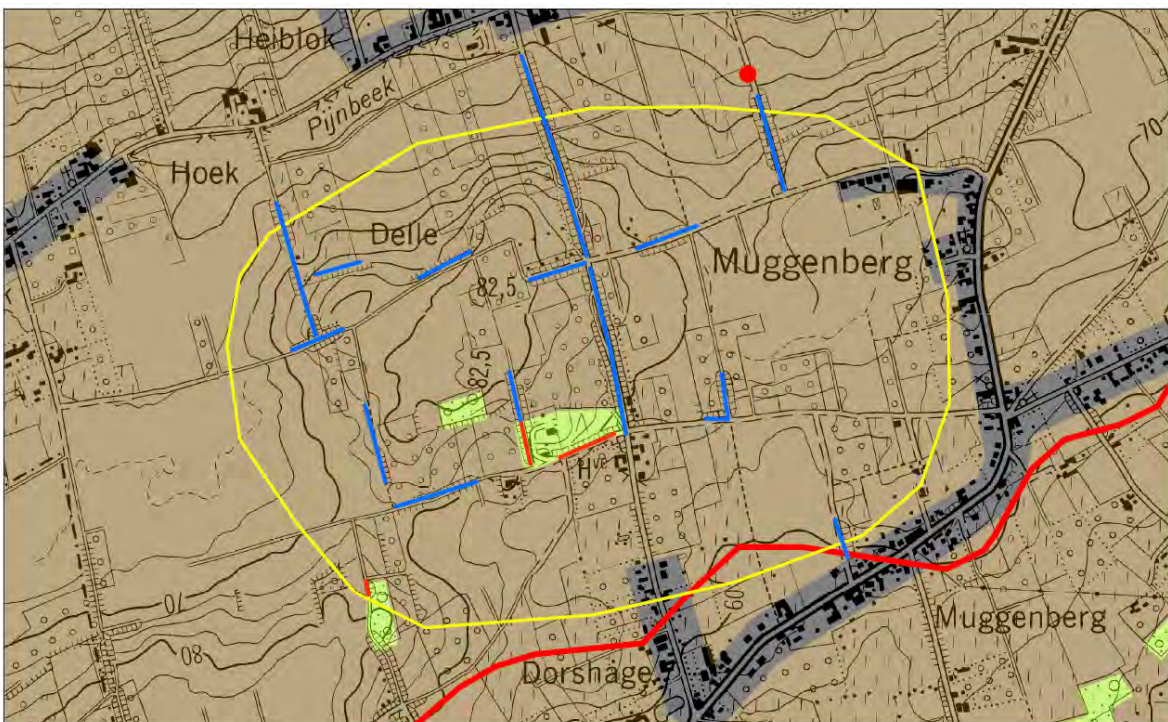
Locatie 32: Kloosterberg (Diest)



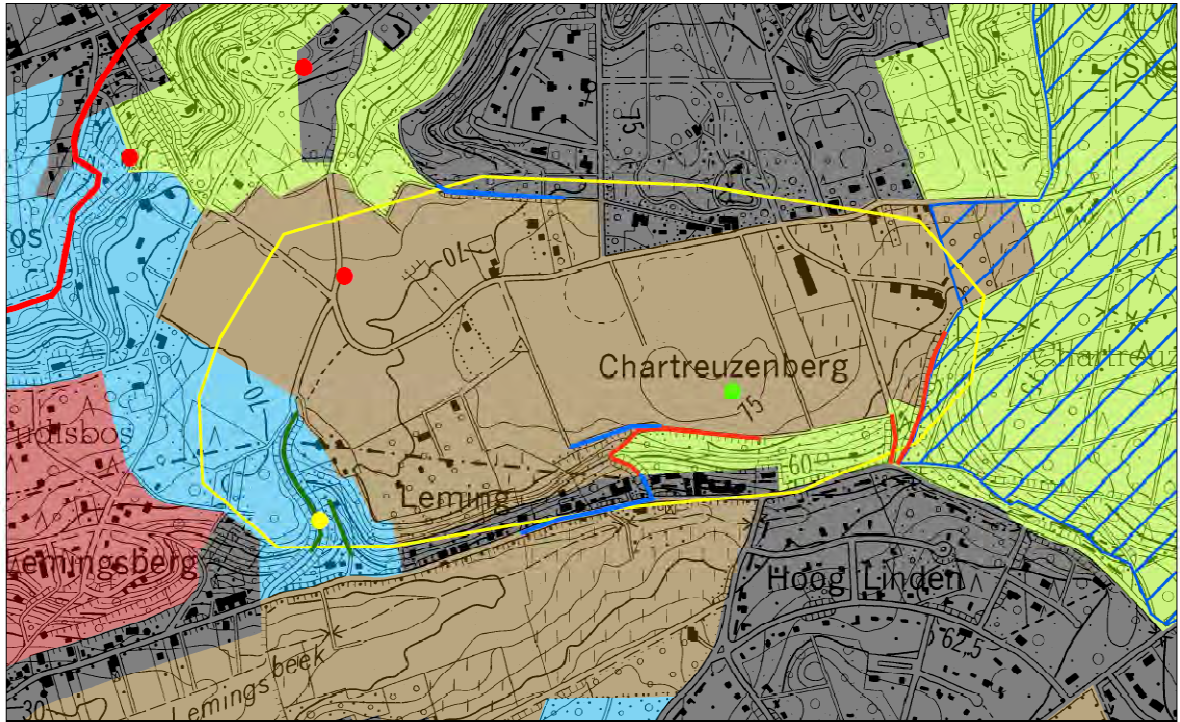
Locatie 33: Hermansheuvel (Bekkevoort)



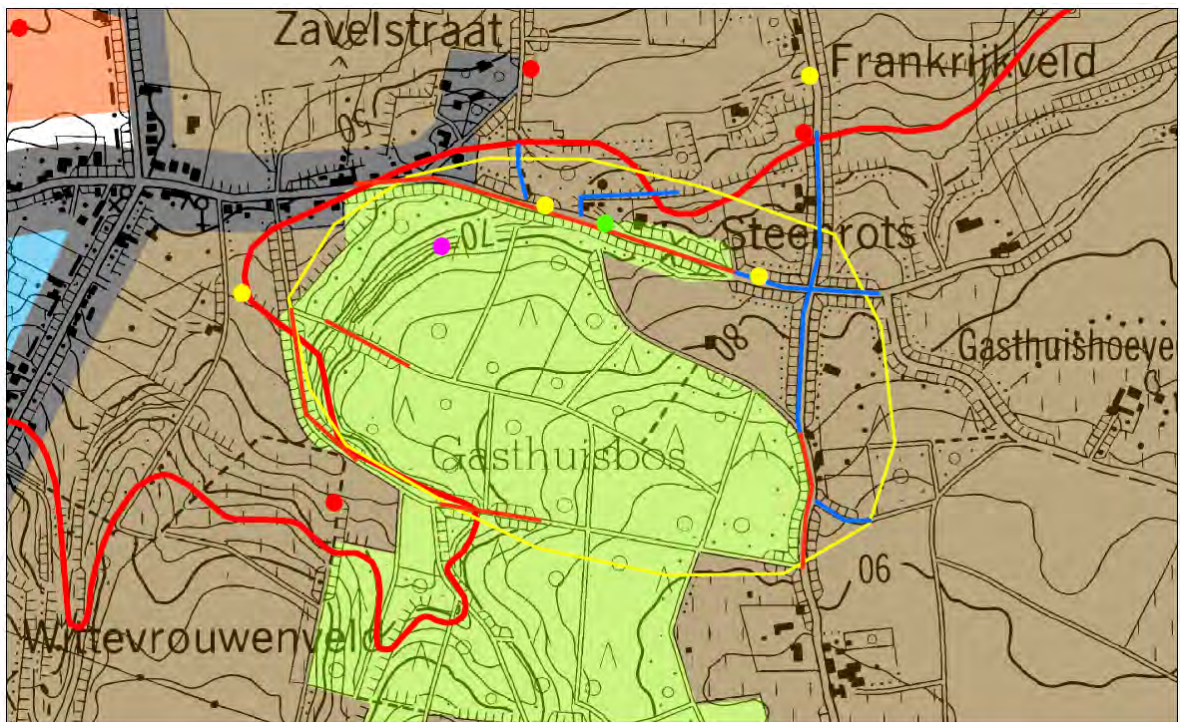
Locatie 34: Kapellekesberg (Bekkevoort/Kortenaken)



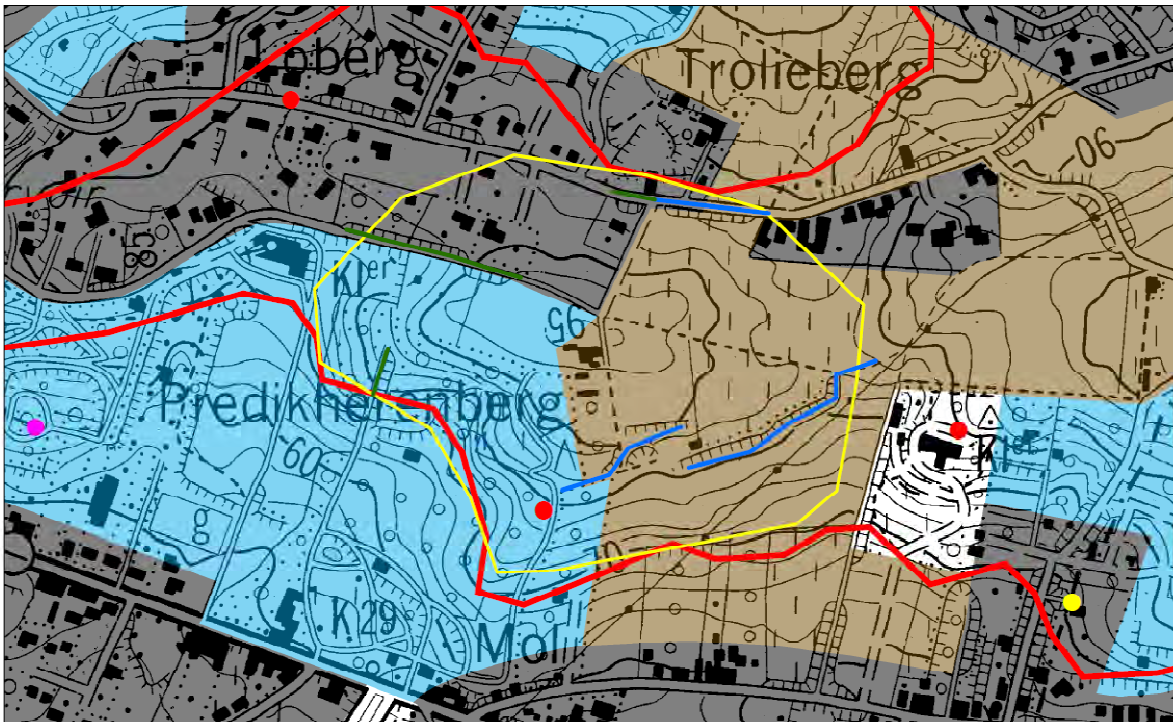
Locatie 35: Muggenberg (Bekkevoort)



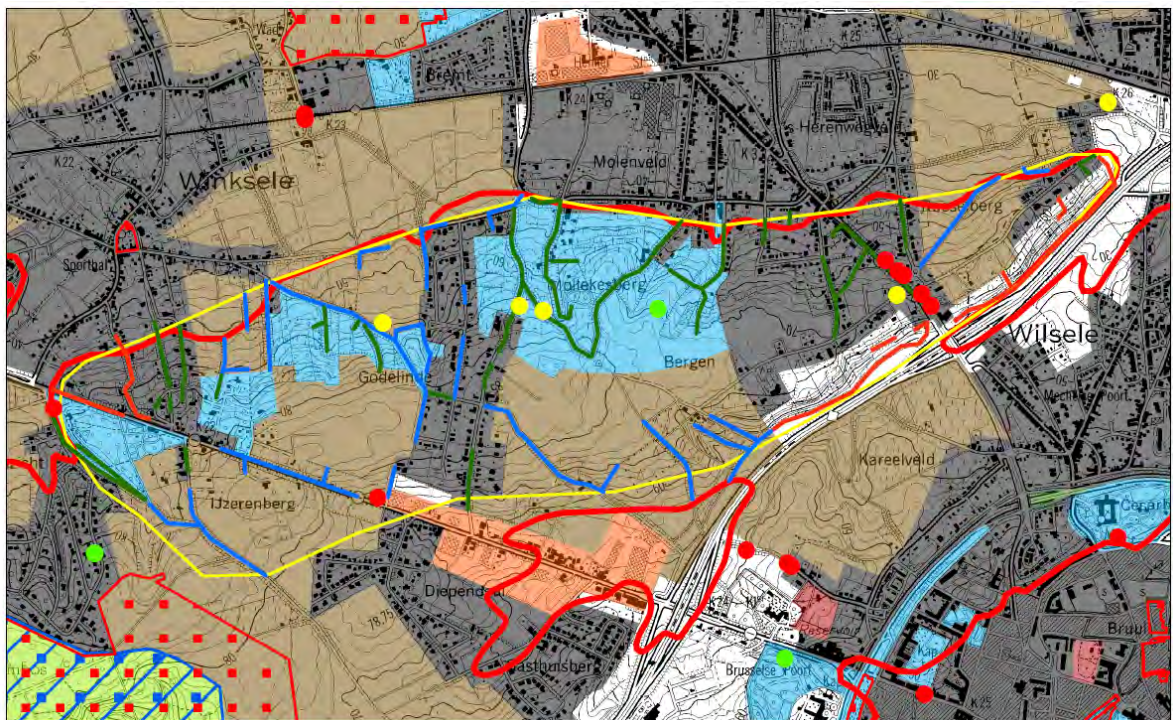
Locatie 36: Chartreuzenberg (Holsbeek/Leuven)



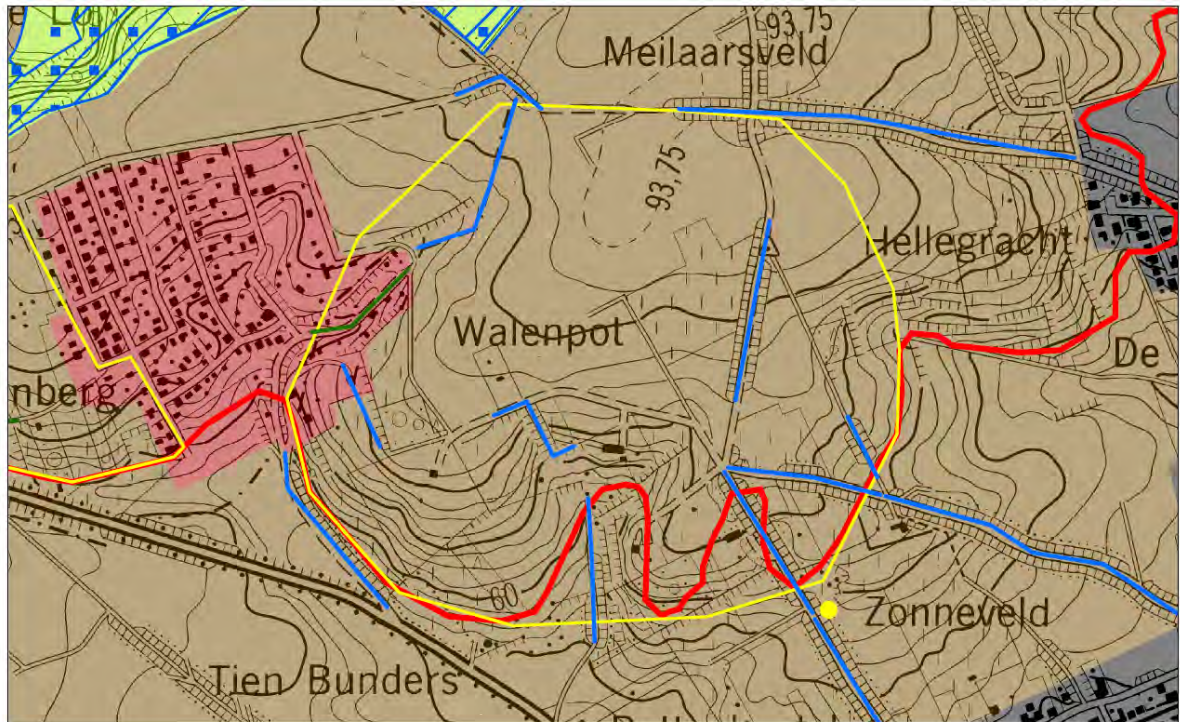
Locatie 37: Gasthuisbos (Lubbeek)



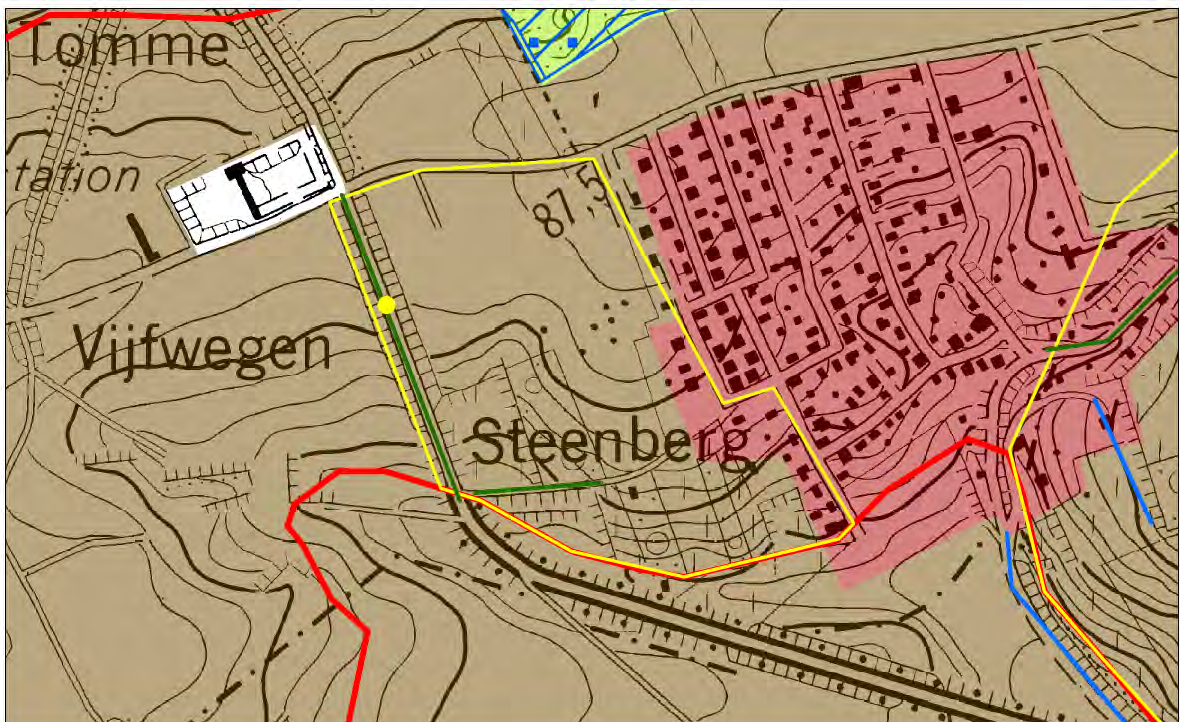
Locatie 38: Predikherenberg (Leuven)



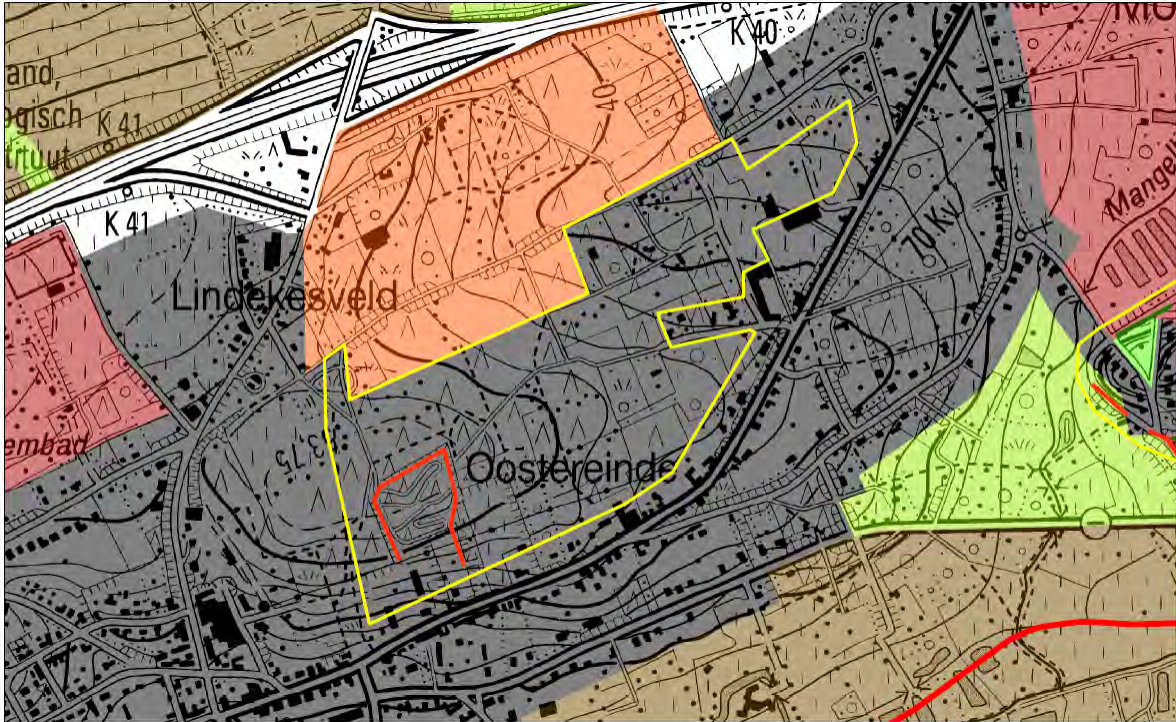
Locatie 39: Ijzerenberg – Mollekesberg – Roeselberg (Herent/Leuven)



Locatie 40: Walenpot (Bertem/Kortenberg)



Locatie 41: Steenberg (Kortenberg)



Locatie 42: Oostereinde (Lummen)

BIJLAGE 5

Beproeversverslag natuursteen

PROEF NR: 011209-1

Datum proefverslag: 11/01/2010

Aanvangsdatum proeven: 27/11/2009

Uitvoerder:	Tim De Kock (UGent) i.s.m. Labo Magnel
Op aanvraag van:	KBIN-BGD
Voor rekening van:	KBIN-BGD

Aard proefmateriaal: Diestiaanse ijzerzandsteen

Herkomst : Kepkensberg (Ham)

Hoeveelheid en afmetingen: 21 Proefstukken

- 10 kubussen (ribbe 70 mm). Nummers 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 21.
- 11 balken (200 mm x 50 mm x 50 mm). Nummers 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19.

Opmerking: De proefstukken vertonen geen duidelijke gelaagdheid of markering van het groefleger. Wel worden de gesteenten doorkruist met verschillende heterogeniteiten, zoals bioturbaties, fossielfragmenten en soms met scheurtjes met een willekeurige oriëntatie.

Aangevraagde proeven:

- Beproeversmethode voor natuursteen. Bepaling van de werkelijke dichtheid, de schijnbare dichtheid en van de totale poreusheid (NBN EN 1936:1999)
- Beproeversmethoden voor natuursteen. Bepaling van de druksterkte (NBN EN 1926)
- Beproeversmethoden voor natuursteen. Bepaling van de buigsterkte bij geconcentreerde belasting (NBN EN 12372)
- Natuursteen – Vorstbestendigheid : waterimpregnatie – vorst-dooicyclusen – gebruikscriteria (1^e uitgave) (NBN B17-001)

Opmerking: De proef ter bepaling van de buigsterkte werd niet uitgevoerd omdat de benodigde proefstukken niet konden geleverd worden.

Opmerking: De proefstukken waren vochtig en bros bij de levering. Drogen tot constante massa bij (70 ±5) °C verhardt ook de steen. Scheuren en barsten die de proefstukken hebben opgelopen bij het verzagen kunnen aldus misschien vermeden worden door de ontgonnen blokken alvorens het zagen enkele maanden op een droge locatie te laten rusten.

Bepaling van de schijnbare volumieke massa en de open porositeit

10 proefstukken met nominale afmetingen van 70 mm x 70 mm x 70 mm en 11 proefstukken met nominale afmetingen 200 mm x 50 mm x 50 mm worden onderworpen aan een test ter bepaling van de schijnbare volumieke massa en open porositeit volgens de norm NBN EN 1936:1999 - Beproevingmethode voor natuursteen - Bepaling van de werkelijke dichtheid, de schijnbare volumieke massa en van de totale poreusheid.

De proefstukken worden gedroogd bij een temperatuur van (70 ± 5) °C tot een constante massa (duur: 6 dagen). Na afkoeling tot kamertemperatuur worden de proefstukken droog gewogen in de lucht (P1). Vervolgens worden ze in een vacuümtank geplaatst en wordt een vacuüm van 98,66 kPa gerealiseerd. Na 2½ uur worden ze langzaam onder vacuüm met water geïmpregneerd. Vervolgens worden ze 24 uur onder water gehouden bij normale luchtdruk.

Hun massa wordt dan gewogen onder water (P3) en na afdeppen ook in de lucht (P2). Hieruit worden de schijnbare volumieke massa (1) en open porositeit (2) bepaald als volgt:

Schijnbare Volumieke Massa:
$$P_b = \frac{P_1}{P_2 - P_3} \times 1000 \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad (1)$$

Open Porositeit:
$$P_o = \left(\frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_3} \right) \times 100 \text{ [vol \%]} \quad (2)$$

Tabel 1: Schijnbare Volumieke Massa en Open Porositeit

	Proefstuk	Droog	Waterverzadigd		Schijnb. Vol. Massa	Open porositeit
		P1 (g)	Water P3 (g)	Lucht P2 (g)	[kg/m ³]	[vol-%]
Kubus	1	755,0	506,3	845,6	2225,2	26,7
	2	780,2	523,0	867,7	2263,4	25,4
	3	776,7	520,5	865,7	2250,0	25,8
	4	743,0	495,4	839,4	2159,9	28,0
	5	744,6	501,1	844,8	2166,4	29,2
	6	693,8	463,0	788,3	2132,8	29,1
	7	720,8	484,4	827,1	2103,3	31,0
	8	728,7	486,7	819,9	2187,0	27,4
	20	675,0	453,4	760,1	2200,8	27,7
	21	698,3	466,3	790,5	2153,9	28,4
Baik	9	1144,0	770,2	1284,0	2226,5	27,2
	10	1160,4	788,2	1294,3	2292,8	26,5
	11	1102,6	732,6	1254,7	2111,9	29,1
	12	1117,7	750,5	1249,0	2242,1	26,3
	13	1091,2	731,4	1229,5	2190,7	27,8
	14	1172,8	792,4	1309,4	2268,5	26,4
	15	1125,1	753,6	1271,8	2171,2	28,3
	16	1115,9	751,0	1246,1	2253,9	26,3
	17	1053,1	707,8	1172,4	2266,7	25,7
	18	1161,5	784,0	1292,9	2282,4	25,8
19	1096,4	739,9	1217,2	2297,1	25,3	
				Gemiddelde:	2211,7	27,3
				<i>Stand. Dev.:</i>	59,7	1,5

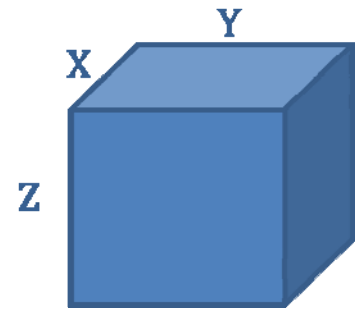
RESULTAAT: Het gesteente heeft gemiddeld een schijnbare volumieke massa van 2211,7 kg/m³ (schijnbare dichtheid van 2,2117) en gemiddeld een porositeit van 27,3 vol-%. De meetfout bedraagt 1 vol-% wanneer een monster tijdens weging P2 5% van zijn poriënwater zou verliezen.

Druksterkte

9 proefstukken met nominale afmetingen van 70 mm x 70 mm x 70 mm worden onderworpen aan de drukproef volgens de norm EN 1926:1999 - Beproevingmethode voor natuursteen - Bepaling van de druksterkte.

De oppervlakken zijn geëffend en de dimensies worden gemeten volgens xyz-richting. Wegens het ontbreken van een duidelijke gelaagdheid of markering van het groefleger wordt de xyz-richting willekeurig bepaald. Na droging tot constante massa bij een temperatuur van $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ worden de proefstukken gewogen in de lucht. Daarna worden de proefstukken onderworpen aan de drukproef waarbij de druk wordt uitgeoefend loodrecht op het xy-oppervlak. $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$.

Proefstuk 20 werd niet geselecteerd voor de drukproef wegens een te grote beschadiging van het volume.

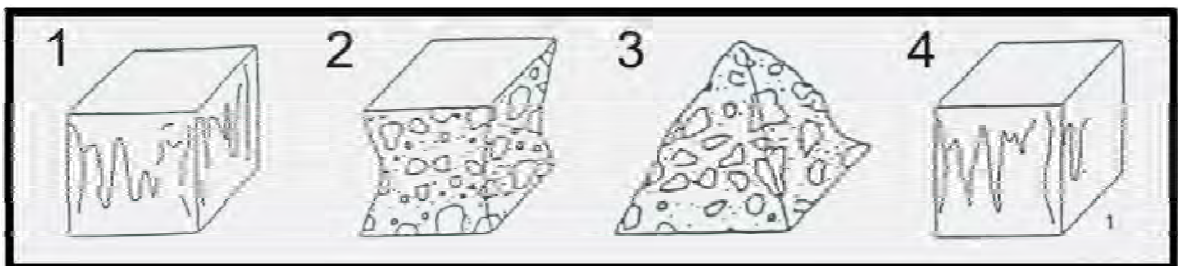


Figuur 1: Voorstelling dimensies kubus

Tabel 2: Breuklast en Druksterkte

Proefstuk	x (mm)	y (mm)	z (mm)	Opp. xy (mm ²)	Breuklast (kN)	Druksterkte (N/mm ²)
1	70,0	71,1	69,4	4976,3	90,0	18,1
2	69,4	70,8	71,0	4912,1	98,0	20,0
3	69,3	70,9	70,5	4908,5	117,0	23,8
4	70,8	69,7	70,6	4931,2	85,0	17,2
5	70,4	69,8	70,8	4911,8	78,0	15,9
6	70,0	70,2	68,1	4910,5	66,0	13,4
7	71,0	69,5	70,5	4931,0	45,0	9,1
8	69,7	70,0	70,4	4881,1	71,0	14,5
21	68,1	70,1	68,2	4775,1	101,0	21,2
					Gemiddelde:	17,0
					Standaard Dev.:	4,4

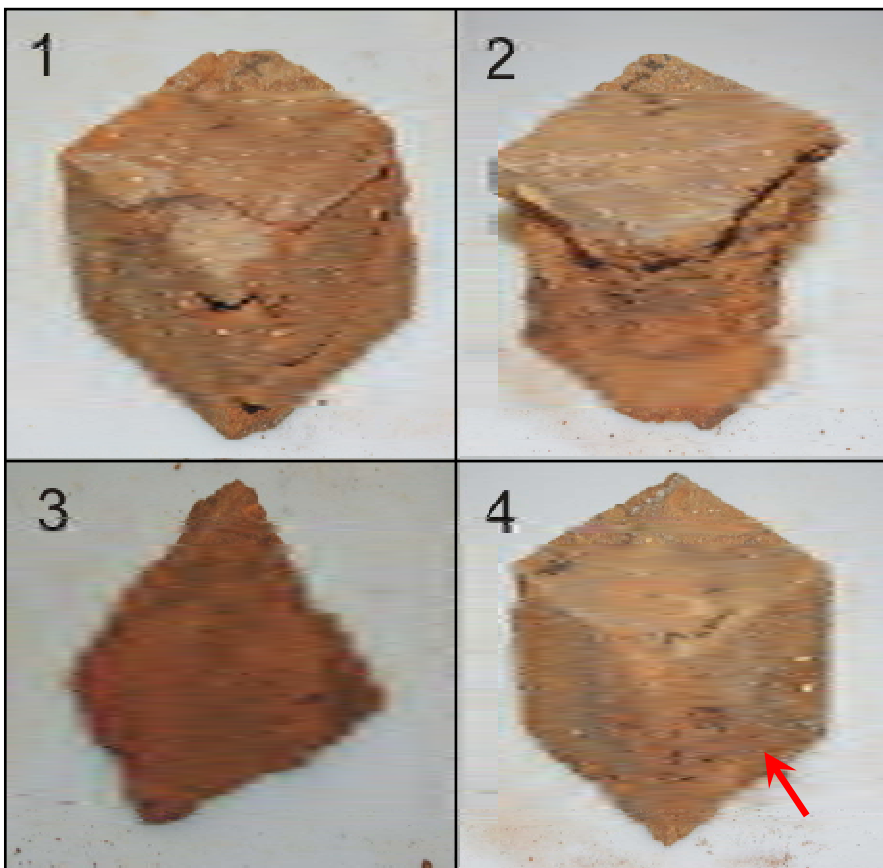
In navolging van de breuktypes van een kubus bij beton worden bij deze proef 4 verschillende breuktypes onderscheiden. Breuktype 1, 2 en 3 zijn aanvaardbaar. Breuktype 4 is onvolmaakt en wijst op een sterke anisotropie in het gesteente of op een niet perfect evenwijdig boven- en ondervlak waardoor een schuifspanning ontstaat



Figuur 2: Voorbeelden van theoretische breukmodellen

Tabel 3: Breuktype

Proefstuk	Breuktype	Opmerking
1	3	Explosief
2	4	
3	1	
4	2	
5	1	
6	1	
7	1	
8	1	Breuken volgen niet de originele barsten
21	4	



Figuur 3: Praktijkvoorbeelden van theoretische breukmodellen (Fig. 1). De rode pijl wijst breuk aan.

RESULTAAT: De gemiddelde druksterkte bedraagt $17,0 \text{ N/mm}^2$, maar er zit een grote spreiding op de waarden waarbij de minimale geobserveerde druksterkte $9,1 \text{ N/mm}^2$ en de maximaal geobserveerde druksterkte $23,8 \text{ N/mm}^2$ bedroeg.

Vorstproef

11 proefstukken met nominale afmetingen 20 mm x 50 mm x 50 mm worden onderworpen aan de technologische vorstbestendigheidspreef volgens de oude Belgische norm NBN B17-001 (1999) – Natuursteen – Vorstbestendigheid waterimpregnatie – vorst-dooicyclussen – gebruikscriteria.. De dynamische elasticiteitsmodulus kan niet gemeten worden bij gebrek aan apparatuur. In plaats daarvan wordt de geluidsvoortplantingsnelheid op gemarkeerde punten gemeten.

De 11 proefstukken worden gedroogd tot een constante massa bij een temperatuur van $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$. Daarna worden zij gewogen (M1) in de lucht, wordt de tijdsduur van geluidsvoortplanting (T1) doorheen de steen op gemarkeerde punten gemeten en beschadigingen genoteerd en aangeduid met permanente markeerstift.

Vervolgens worden ze in een vacuüm tank geplaatst en wordt een vacuüm van 98,66 kPa gerealiseerd. Na 2½ uur worden ze langzaam onder vacuüm met water geïmpregneerd. Vervolgens worden ze 24 uur onder water gehouden bij normale luchtdruk en hierna wordt hun porositeit bepaald (zie: volumieke massa en open porositeit).

De proefstukken worden in grindbakken in de vrieskast gelegd, zodanig dat ze volledig onder water liggen als de bak gevuld is met water. Hun oriëntatie is willekeurig bij gebrek aan een duidelijke gelaagdheid of markering van het groefleger. In de grindbakken worden de proefstukken steeds met hun nummer naar boven georiënteerd.

De grindkorrels zijn gezeefd tussen 2 en 4 mm en waterverzadigd bij aanvang. De thermostaat wordt gestuurd door thermokoppels die centraal aan de onderkant van één proefstuk bevestigd is.

Vervolgens worden 25 vorst-dooicyclussen uitgevoerd. 10 opeenvolgende cyclussen met een afkoeling tot $(-15 \pm 1) ^\circ\text{C}$, gevolgd door 15 opeenvolgende cyclussen met een afkoeling tot $(-5 \pm 1) ^\circ\text{C}$.

Na de 25 cycli worden de proefstukken gedroogd bij een temperatuur van $(70 \pm 5) ^\circ\text{C}$ tot constante massa (M2). Daarna worden ze gewogen en visueel geïnspecteerd. Indien de proefstukken nog coherent zijn, wordt opnieuw hun porositeit en de tijdsduur van de geluidsvoortplanting (T2) op de gemarkeerde punten gemeten. Uit de tijdsduur van de geluidsvoortplanting wordt het percentage snelheidsverlies berekend. Snelheidsverlies is het gevolg van een groter aantal faseovergangen (steen-lucht) en dus van verhoogde porositeit.

Tijdens de 17^e cyclus, overeenkomstig met de 7^e cyclus van de afkoelingscycli tot -5°C , valt de vrieskast stil door een fout in het systeem. Op dit ogenblik had de vriesfase reeds aangevangen, doch het thermokoppel had nog onvoldoende lage temperatuur bereikt. Desalniettemin werd bij het heropstarten cyclus 17 als 'voltooid' aanzien en werd er aangevangen met de 18^e cyclus. Dit besluit werd gemaakt op gronde van de slechte staat waarin de proefstukken zich toen al bevonden. Men kan er dus van uitgaan dat de vorstproef iets minder streng verlopen is dan de norm (door één minder strenge cyclus), doch dit verschil is verwaarloosbaar.

Tabel 4: Theoretische beschrijving en indeling van de schadepatronen

Visuele inspectie	
Breuk	het proefstuk breekt in twee of meer stukken.
Barsten	barstjes min of meer evenwijdig met of min of meer loodrecht op de laagrichting of een ander anisotroop kenmerk.
Verbrokkelen	Kleine stukjes komen van het proefstuk los.
Afbrokkelen	kleine stukjes steen brokkelen van de hoeken of kanten af.
Schadeklasse	
0	proefstuk intact
1	zeer geringe schade (barsten, ten hoogste 4 scheurtjes van ≤ 1 cm lang die het gedrag van het proefstuk niet in het gedrang brengen)
2	een of meer middelgrote barsten (1 tot 5 cm lang) of talrijke barstjes (5 of meer), kleine scherven (≤ 5 mm ² per scherf) met een totale oppervlakte ≤ 10 mm ²)
3	een of meer barsten (meer dan 5 cm lang) of een of meer scherven groter dan deze bepaald door de waardering '2', verwerking (barsten, verbrokkelen) in de aders
4	in twee gebroken proefstuk (of op het punt te breken)
5	proefstuk in meerdere stukken of verbrokkeld

Tabel 5: Schadepatronen per proefstuk

Proefstuk	Schadeklasse	Visuele beschrijving
9	3	Afbrokkeling, verbrokkeling en talrijke nieuwe barsten en barsten langs oude scheuren. Bulk nog coherent maar sterk beschadigd.
10	4	Breuken langs oude barsten, nieuwe breuken, barsten en afbrokkelen van grote schilfers.
11	2	Enkele nieuwe middelgrote en kleine barsten, proefstuk nog coherent.
12	4	Meerdere breuken en barsten, gepropageerd vanuit oude scheurtjes of nieuw. Afbrokkeling langs hoeken en randen.
13	5	Proefstuk in meerdere stukken. Breuken en barsten in verschillende richting, zowel nieuwe als langs oude barsten.
14	4	Breuk langsheen oude barsten en nieuwe breuken en barsten subparallel aan oude barsten . Afbrokkeling aan de hoeken en verbrokkeling aan zijden.
15	5	Volledige verkrumming van het proefstuk.
16	5	Breuken langs oude barsten, nieuwe barsten. Verbrokkeling van het linkse stuk. Bulk coherent maar met meerdere scheuren en barsten.
17	5	Nieuwe breuken langs contour van grofkorrelige zones in het gesteente. Breuken gepropageerd uit oude barsten. Nieuwe barsten subparallel hieraan.
18	4	Nieuwe breuk met subparallele barsten en een breuk gepropageerd langs oude barst. Afbrokkeling aan hoeken en randen.
19	5	Verschiedende breuken langs oude barsten. Verbrokkeling en afbrokkeling aan de randen.

Tabel 6: Verandering van de voortplantingssnelheid

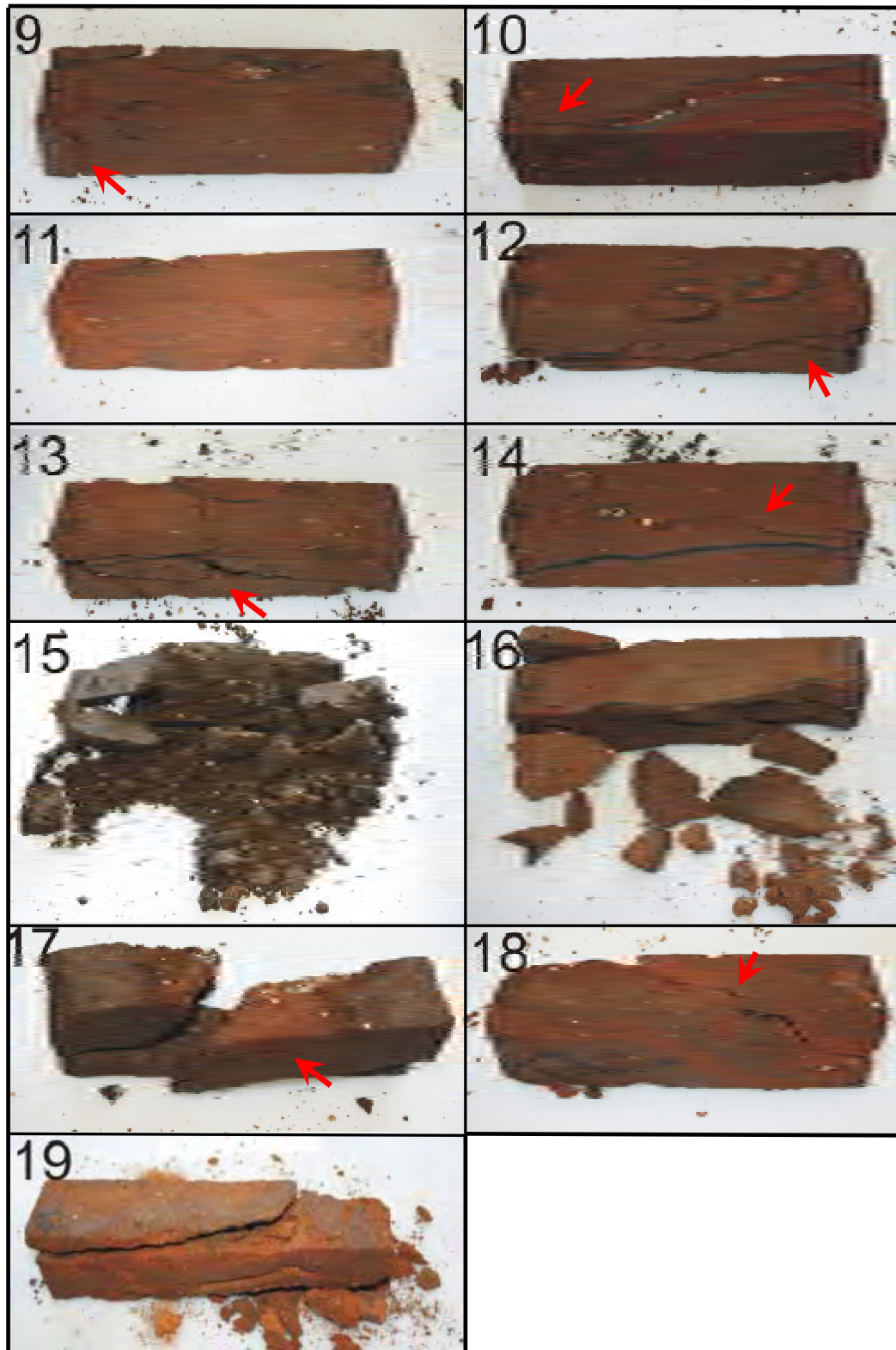
Proefstuk	Doorlooptijd van het geluid (0,1 μ s)		Verandering van de voortplantingssnelheid (%)
	Voor vorstproef	Na vorstproef	
9	835	3048	-72,6
10	735	nvt	nvt
11	903	1560	-42,1
12	874	nvt	nvt
13	752	nvt	nvt
14	770	nvt	nvt
15	993	nvt	nvt
16	902	nvt	nvt
17	810	nvt	nvt
18	1081	nvt	nvt
19	704	nvt	nvt

Tabel 7: Massaverandering

Proefstuk	Massa na vorstproef (g)	Massaverlies (g)
9	1063,82	80,18
10	nvt	nvt
11	1095,14	7,46
12	nvt	nvt
13	nvt	nvt
14	nvt	nvt
15	nvt	nvt
16	nvt	nvt
17	nvt	nvt
18	nvt	nvt
19	nvt	nvt

Tabel 8: Porositeitsverandering

Proefstuk	Massa waterverzadigd (g)		Porositeit na vorstproef (vol-%)	Porositeitsverandering %
	onder water (P3)	in lucht (P2)		
9	709,8	1211,1	29,38	7,82
10	nvt	nvt	nvt	nvt
11	727,6	1250,8	29,75	2,13
12	nvt	nvt	nvt	nvt
13	nvt	nvt	nvt	nvt
14	nvt	nvt	nvt	nvt
15	nvt	nvt	nvt	nvt
16	nvt	nvt	nvt	nvt
17	nvt	nvt	nvt	nvt
18	nvt	nvt	nvt	nvt
19	nvt	nvt	nvt	nvt



Figuur 4: Proefstukken na vorstproef. De rode pijlen indiceren nieuwgevormde barsten.

RESULTAAT: De eerste schade trad reeds op na enkele (< 7) vorstcycli. Omwille van de grote schade wordt afgeraden om deze proefstukken te gebruiken voor bouwkundige constructies die blootstaan aan vocht. Desalniettemin kunnen sommige blokken meer vorstbestendig zijn wanneer zij initiële barstjes of scheuren ontbreken en een meer homogene structuur hebben.

Algemeen Resultaat

Met een gemiddelde porositeit van 27,3% ligt de porositeit van de geteste proefstukken in het bereik zoals deze beschreven is in de literatuur: 22,2 – 31 % (Dusar, *et al.*, 2009). De schijnbare volumieke massa van de proefstukken ligt echter een eind onder de verwachte waarde van 2768 – 3000 kg/m³. Aangezien dit niet kan toegeschreven worden aan een hogere porositeit is dit wellicht het gevolg van de mineraalinhoud. Voor druksterkte worden in de literatuur geen referentiewaarden gevonden. Een gemiddelde druksterkte van 17,0 N/mm² wijst op een eerder zacht gesteente. De resultaten van de vorstproef wijzen op een zeer vorstgevoelig gesteente. De scheuren en breuken ontstaan echter voor een groot deel in het verlengde van vooraf aanwezige (minuscule) scheurtjes. Het is echter de vraag of deze scheurtjes eigen zijn aan de steen of meer waarschijnlijk ontstaan zijn tijdens het verzagen van de steen. Verder ontstaan ook scheuren en barsten langsheen de heterogene zones in de steen. Dit is vooral op de grens tussen fijne en meer grofkorrelige zones in het gesteente. Op basis van de resultaten kan geopperd worden dat de bouwkundige kwaliteiten niet in die aard zijn dat ze als duurzaam restauratiemateriaal kunnen aangewend worden. Om deze conclusie te veralgemenen moet men zich ervan vergewissen dat de gebruikte blok representatief is voor de gehele steenbank op de betreffende locatie. Verder is het raadzaam om na te gaan of men het materiaal bij de preparatie voor het gebruik niet anders moet behandelen. Door verkruimeling werd het verwachte aantal proefstukken niet behaald tijdens het verzagen. Bij de overhandiging van de proefstukken bleken deze ook extreem broos en vochtig en moesten ze met de nodige voorzichtigheid behandeld worden. Bij het drogen ter voorbereiding van de proeven verkregen de stenen schijnbaar een meer coherent karakter. Het is daarom de vraag of de blokken niet beter een groevedroging ondergaan, door ze na hun ontginning enkele maanden op een relatief droge plaats in de buitenlucht te stokkeren. Wanneer dit bijdraagt aan een coherentietoename kan de initiatie van scheurtjes bij het verzagen vermeden worden (dan rest wel nog de invloed van de heterogeniteit van de steen bij de vorstgevoeligheid). Een mogelijkheid om dit na te gaan, kan eruit bestaan om de boorweerstand van een blok te meten na zijn ontginning, vervolgens de blok enkele maanden op een beschermde plaats te laten drogen en vervolgens opnieuw de boorweerstand te meten. Indien er een coherentietoename vastgesteld wordt, kan dit een serieuze verbetering in de bouwkundige eigenschappen van de steen impliceren.