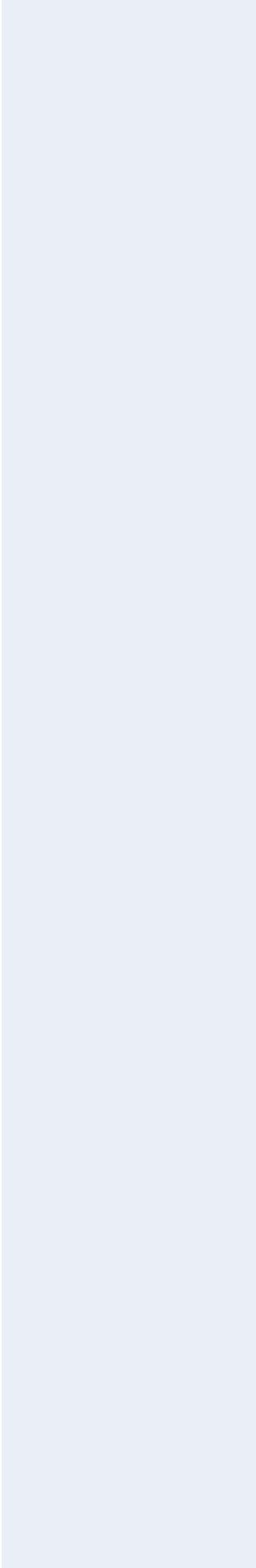




ENERGIEBESPARING IN DE WASSERIJSECTOR

A solid light blue vertical bar is positioned on the left side of the page, extending from the top to the bottom.

Energiebesparing in de wasserijsector

Inhoud

1	Het wasproces	01
1.1	Het wassen	02
1.1.1	Sorteren wasgoed in homogene stromen	03
1.1.2	Optimaal beladen van de wasmachines	03
1.1.3	Keuze voor kleine wasmachines	03
1.1.4	Optimaal water doseren en energie sparen via het wasprogramma van centrifugerende machines	03
1.1.5	Laatste spoelbeurt met warm water	05
1.1.6	Bleken met waterstofperoxide in plaats van met chloorbleek	05
1.1.7	Wassen op lage temperatuur	05
1.1.8	Restvochtgehalte reduceren bij persen en centrifugeren in tunnelwasmachines	06
1.1.9	Warmte recupereren uit afvalwater door middel van warmtewisselaars	09
1.1.10	Intern hergebruik van proceswater	11
1.1.11	Water- en energiemangement	13
1.2	Het drogen van het linnen	14
1.2.1	Shaken en mangelen	14
1.2.1.1	Directe aardgasverwarming	14
1.2.1.2	Optimale benutting van de mangel	15
1.2.1.3	Optimale belegging van de mangel	16
1.2.1.4	Plaatsen van mangelkappen	16
1.2.1.5	Afstellen van de afzuiging van de mangelrol	17
1.2.1.6	Recuperatie van warmte uit proceslucht bij aardgasmangel	17
1.2.1.7	Flexibele kuip	18
1.2.2	Tumblerdrogen	19
1.2.2.1	Stoom of gas?	19
1.2.2.2	Optimale belading van de droger	20
1.2.2.3	Goed onderhoud van de droger	21
1.2.2.4	Hercirculatie van de lucht	22
1.2.2.5	Efficiënte sturing van het proces	22
1.2.3	Finishen in tunnelfinishers	23
1.2.3.1	Directe gasverwarming	24
1.2.3.2	Goed onderhoud van de tunnelfinisher	24

2	Stoom, perslucht en verlichting	24
2.1	Stoom	24
2.1.1	Automatisch geregelde ketelspui	25
2.1.2	Pompcondenspot	27
2.1.3	Omgekeerde osmosewater als ketelvoedingswater	28
2.1.4	Economizer	30
2.1.5	Rookgascondensor	30
2.1.6	Warmteterugwinning uit spuiwater	31
2.1.7	Terugwinnen van warmte uit flashstoom die afkomstig is van condensaat	31
2.1.8	Nuttige tips voor kleine industriële stoomketels	31
2.2	Perslucht	34
2.2.1	Compressortypes	34
2.2.2	De regelingen van compressoren	36
2.2.3	De behandeling van perslucht	38
2.2.4	Het persluchtverdeelnets	39
2.2.5	Warmterecuperatie	39
2.2.6	Nuttige tips	40
2.3	Verlichting	42
3	Steunmaatregelen	45
3.1	Verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen	45
3.2	Ecologiepremie	46
3.3	REG-premies van uw elektriciteitsdistributienetbeheerder	46
4	Milieuvergunning	47
4.1	Algemeen	47
4.2	Milieuvergunningsplichtige energie-installaties in de wasserijsector	48
4.2.1	Relevante indelingsrubrieken uit VLAREM I	48
4.2.2	Vergunningsvoorwaarden uit VLAREM II	50
4.2.3	Continue milieuzorg	51
5	Nuttige adressen en links	52
5.1	Adressen	52
5.2	Links	53
6	Begrippen en eenheden	56

Inleiding

Energie is een belangrijke productiefactor in de wasserijen. De energiefactuur weegt steeds meer door in de bedrijfskosten. Studies van o.a. VITO tonen aan dat de gemiddelde energiekosten 5,7 eurocent/kg wasgoed bedragen.

Verbruikscijfers in Vlaamse wasserijen werden vergeleken met de resultaten van de meerjarenafspraak in Nederland tussen de overheid en de industriële wasserijen. De vergelijking leert dat het specifieke elektriciteitsgebruik in de Vlaamse bedrijven 33% en het specifieke brandstofverbruik 35 % hoger ligt.

Ook al kunnen Vlaamse en Nederlandse wasserijen niet zonder meer met elkaar vergeleken worden (we denken hierbij aan het Nederlandse aardgas en de schaalgrootte van de bedrijven), toch is het besluit overduidelijk: bij de Vlaamse bedrijven ligt een globaal besparingspotentieel van 20 tot 30 % voor het grijpen!

Besparen op energie verlicht uw energiefactuur. Tegelijkertijd spaart u het milieu en draagt u bij tot duurzame ontwikkeling. De voorraden fossiele brandstoffen, zoals stookolie en aardgas, zijn niet onuitputbaar. Bovendien komen er bij het verbrandingsproces van fossiele brandstoffen stoffen vrij die schadelijk zijn voor het milieu. Reden genoeg dus om zuinig om te springen met energie.

Daarom heeft de innovatiecel van de Federatie van de Belgische Textielverzorging (FBT), opgericht met de steun van het IWT, het initiatief genomen om deze technische brochure uit te geven, samen met de afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap en met medewerking van de Gewestelijke Ontwikkelingsmaatschappij West-Vlaanderen

Deze brochure geeft u praktische en bruikbare informatie over energiegebruik en energiebesparingmogelijkheden in het wasproces. Daarbij komen zowel belangrijke investeringen als kleine en goedkope ingrepen aan bod. Uiteindelijk zijn alertheid en creativiteit even nuttig als noodzakelijk voor een goed energiebeheer.

Wij hopen dat deze uitgave uw aandacht krijgt bij uw investeringsbeslissingen en u aanspoort om energieverspilling tegen te gaan.

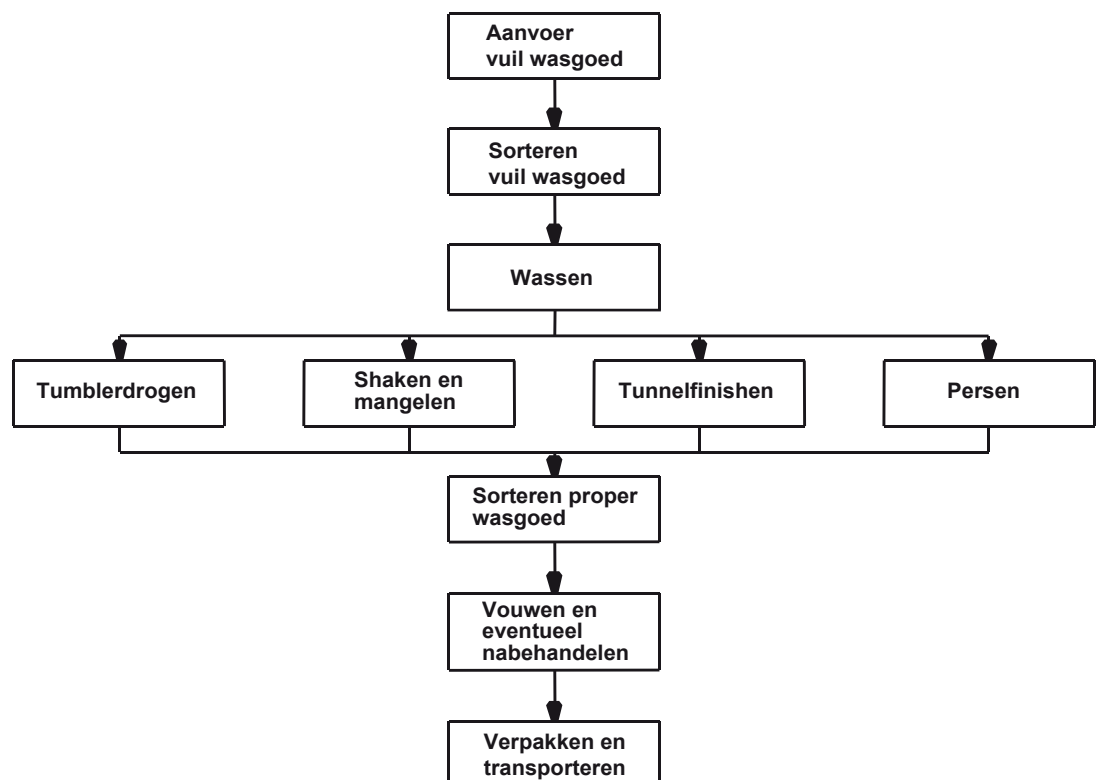
De FBT- innovatiecel

Luc Peeters
wnd. administrateur-generaal
Vlaams Energieagentschap

1.

Het wasproces

Het wassen van textiel heeft tot doel vuil en vlekken te verwijderen met maximaal behoud van de eigenschappen van het textiel. De factoren die bij het wasproces een rol spelen, zijn tijd, wasmiddelen, kwaliteit van het waswater, temperatuur en mechanische actie. De interactie van deze vier factoren bepaalt of het wasproces succesvol is of niet. Dat betekent dat sleutelen aan een van deze factoren gevolgen heeft voor de andere drie.



Figuur 1: Overzicht wasproces (bron: Beste Beschikbare Technieken voor de Wasserijen en Linnenverhuurders, VITO, 1999).

Energie speelt voornamelijk een rol bij het wassen, het drogen en het finishen of mangelen.

Hoeveel energie verbruikt de wasserij?

Om te weten hoe goed of slecht u scoort met uw huidige energieverbruik moet u kunnen vergelijken. De Nederlandse onderzoeksinstituut TNO voerde een groot aantal metingen uit in Nederlandse wasserijen. Daaruit werden normverbruiken afgeleid. Voor elektriciteit wordt uitgegaan van een normverbruik van 0,18 kWh/kg wasgoed. Voor het brandstofverbruik wordt een onderscheid gemaakt tussen verwarming via stoom en rechtstreekse aardgasverwarming. (zie tabel 1) Bij verwarming via stoom wordt verondersteld dat de stoomketels met een jaarrendement van 80% werken. Bij de normverbruiken wordt verondersteld dat de bezettingsgraad van de installaties hoog is.

Elektriciteit	0,18 kWh/kg		
Brandstof		Via stoom	Via aardgas
Wassen	Wastunnel	1,8 MJ/kg	2,5 MJ/kg 2,7 MJ/kg
	Centrifugerende machines	2,7 MJ/kg	
Drogen	Mangel	4,5 MJ/kg	
	Finisher	3,0 MJ/kg	
	Tumblerdrogen	4,7 MJ/kg	
	Persen	4,4 MJ/kg	

Tabel 1: Normverbruiken voor wasserijen (bron: VITO).

1.1

Het wassen

Het wassen van textiel gebeurt met wastunnels (wasstraten) of centrifugerende wasmachines (was- en zwiermachines).

In het geval van de wastunnel beweegt het textiel zich in axiale zin door de wastunnel heen. De verschillende fasen in het wasproces vinden plaats in de verschillende compartimenten van de wastunnel, die van elkaar afgesloten worden door tussenschotten. Deze compartimentering maakt het ook mogelijk verschillende ladingen tegelijk in een wastunnel te behandelen.

Voordelen van een wastunnel zijn het continue procesverloop en het optimaler gebruik van wasmiddelen, water en energie.

Het wassen van verschillende textielsoorten op een wastunnel impliceert het invoegen van lege compartimenten, hetgeen nefast is voor water- en energiegebruik.

In het geval van was- en zwiermachines volgen de verschillende stappen van het wasproces elkaar op, in dezelfde trommel.

Er zijn machines die maar één opening hebben, waardoor het textiel zowel wordt in- als uitgeladen. Daarnaast zijn er ook centrifugerende machines met twee openingen: één om de machine te beladen en een tweede om het gereinigde textiel uit de machine te halen. Dit laatste type is de medicare uitvoering.

De capaciteit van de meeste centrifugerende wasmachines varieert van 5 tot 200 kg. Maar er zijn ook al centrifugerende machines op de markt met een belaadcapaciteit van 400 kg. Deze machines worden meestal ingezet voor ladingen wasgoed die een specifieke behandeling nodig hebben, bijvoorbeeld zwaar vervuild of gekleurd wasgoed.

Of u nu wast in een wastunnel of in een was- en zwiermachine, de energie-aspecten zijn dezelfde. Om te wassen is er warmte nodig. En tijdens het wasproces moeten er temperatuursveranderingen optreden. Temperatuursverhogingen kunnen het best zo snel mogelijk verlopen, zodat het wasproces nietodeloos verlengd wordt. Voor temperatuursstijgingen kunnen stoominjecties gebruikt worden. Voor temperatuursdalingen wordt koud water gebruikt, bijvoorbeeld het cooldown proces bij polyester en katoen werkkledij.

De warmtebehoefte bedraagt gemiddeld 2700 kJ/kg linnen bij centrifugerende machines en 1800 kJ/kg bij wastunnels (bron: VITO en TNO).

Om na het wassen zo veel mogelijk water uit het gewassen textiel te verwijderen, wordt het wasgoed vervolgens geperst of gecentrifugeerd. Bij de centrifugerende wasmachines wordt het wasgoed na het spoelen gecentrifugeerd in dezelfde trommel.

Energietips

1.1.1

Sorteren wasgoed in homogene stromen

Homogene stromen wasgoed (hetzelfde vezeltype, dezelfde kleur en dezelfde vervuilingsgraad), maken het mogelijk om de verschillende parameters van het wasproces (temperatuur, tijd, wasmiddelen, mechanische actie) optimaal in te stellen. Naast een goede waskwaliteit levert dat ook een optimaal verbruik van energie en wasmiddelen op. Een goede sortering van het wasgoed in verschillende, voldoende homogene stromen is dan ook erg belangrijk. In hoeveel stromen moet er gesorteerd worden? Dat moet op het niveau van de individuele wasserij bekeken worden.

1.1.2

Optimaal beladen van de wasmachines



Optimaal beladen is gelijk aan het optimaal benutten van water, energie en wasmiddelen. Met andere woorden, optimaal beladen is een voorwaarde om een optimaal rendement te halen.

Figuur 2: Optimale belading van een wastunnel door middel van een hangbanensysteem (bron: FBT-innovatiecel).

1.1.3

Keuze voor kleine wasmachines

Wasmachines die altijd onderbeladen worden, zijn eigenlijk te groot. Een kleiner toestel is in dat geval misschien interessanter.

1.1.4

Optimaal water doseren en energie sparen via het wasprogramma van centrifugerende machines

Debietmeters op de watertoevoerleidingen maken het mogelijk om het water nauwkeurig te doseren. De hoeveelheid water kan automatisch aangepast worden aan de belading.

Bij oudere centrifugerende wasmachines is het aantal doseringsniveaus vaak beperkt tot drie. Dat is te weinig, want een goede waterdosering vraagt ten minste 4 of 5 instelbare waterniveaus. Minder recente machines die werken met minder niveaus, kunnen soms worden aangepast door de inbouw van extra niveauschakelaars. De vlotterstanden gaan uit van een verhouding tussen wasgoed en water volgens het wasprogramma van de leverancier.

Bij de meeste wasstraten en nieuwe centrifugerende wasmachines kan de waterdosering vrij ingesteld worden.

Bij centrifugerende wasmachines kan het waterniveau traploos geregeld worden door middel van een druksensorschakelaar. Het waterniveau per processtap van het wasprogramma wordt hierbij op de display van de machine in cm ingegeven.

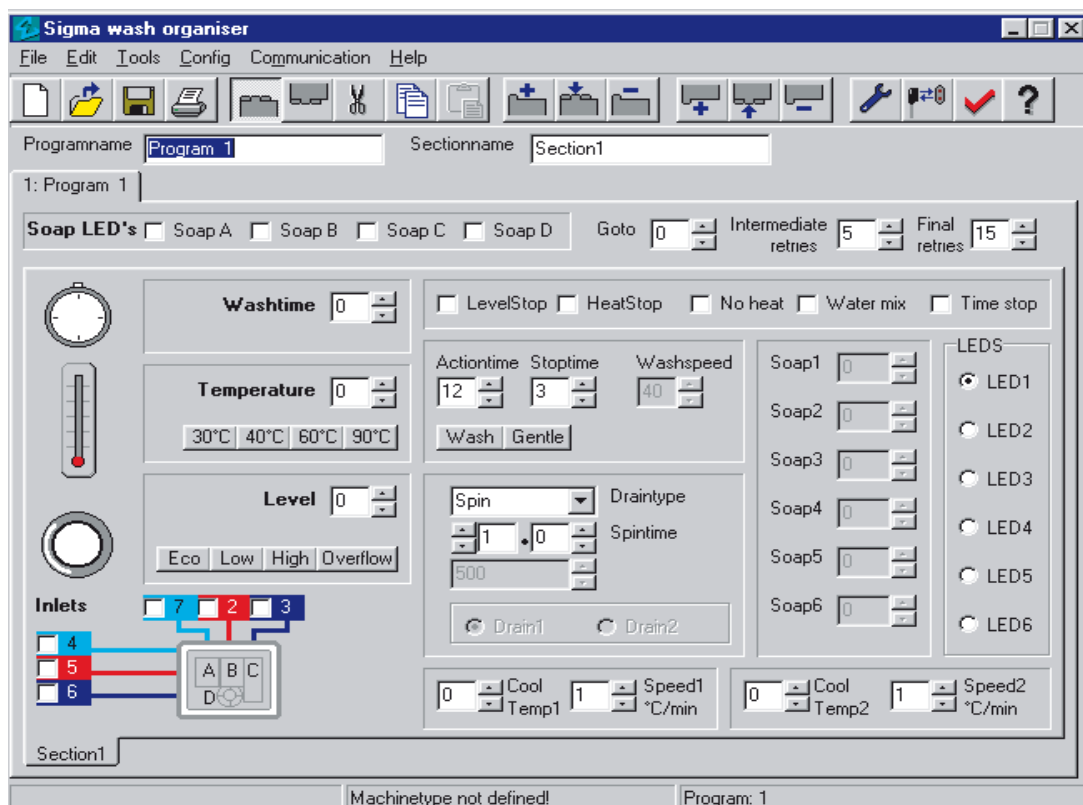
Bij recente centrifugerende machines is het mogelijk om zowel de wastijd als het waterniveau (per cm of per liter), de temperatuur (per °C), het toerental bij wassen en zwieren (per 5 tpm), de zwiertijd (per 10 sec) vast te leggen. Een regelbaar toerental bij het (eind)zwieren kan het restvochtgehalte van het textiel in gunstige zin beïnvloeden.

Verder is het mogelijk om de actietijden (links of rechts draaien) en stoptijden tijdens het wassen in te stellen. Op die manier kunt u stroompieken vermijden.

Een deel van het water dat in een wasmachine gebracht wordt, wordt door het textiel geabsorbeerd (= gebonden vlot). Deze hoeveelheid kan in rekening gebracht worden bij de bepaling van de optimale hoeveelheid water. De hoeveelheid water die door het droge textiel geabsorbeerd wordt, wordt bepaald door voor en na de inweek het waterniveau te meten.

Ook de pomptijden van zeep- en wasmiddelentoevoer kunnen gekoppeld worden aan de watertoevoer en aan de absorptiegraad of aan de werkelijke belading.

Er kan een aparte watertoevoer geplaatst worden voor zacht, hard en warm water en recuperatiewater.

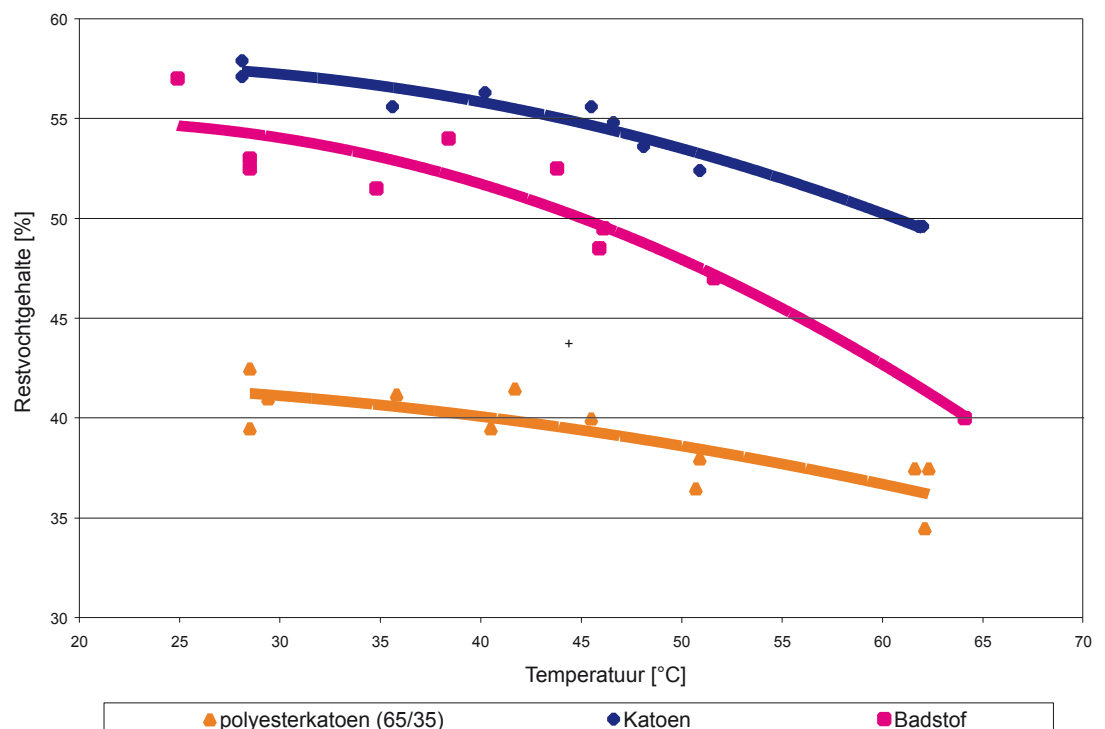


Figuur 3: Instelmogelijkheden bij centrifugerende wasmachines (bron: IPSO).

1.1.5 Laatste spoelbeurt met warm water

Bij het spoelen met warm water daalt het vochtgehalte van de was na het centrifugeren of persen met enkele procenten. Hierdoor verkort de droogtijd met 10 tot 15% en bespaart u energie tijdens het droogproces.

Deze optie komt in aanmerking indien het aanbod van warm water voldoende is. (zie ook onder 1.1.9 : warmtewisselaars).



Figuur 4: Restvochtgehalte i.f.v. van de temperatuur in het laatste spoelbad van een tunnelwasproces (persdruk 25 bar) (bron:Ecolab).

1.1.6 Bleken met perazijnzuur of waterstofperoxide in plaats van met chloorbleek

Bleken met perazijnzuur of waterstofperoxide in plaats van met chloorbleek betekent in de praktijk een bleekstap en een spoeling minder. Dat heeft een aantal voordelen:

- de wastijd verkort;
- het waterverbruik daalt;
- de laatste spoeling mag met warm water gebeuren (hierdoor verkort de droogtijd);
- water met waterstofperoxide of perazijnzuur is gemakkelijker herbruikbaar dan water met chloor;
- waterstofperoxide en perazijnzuur zijn milieuvriendelijker dan chloorbleek.

1.1.7 Wassen op lage temperatuur

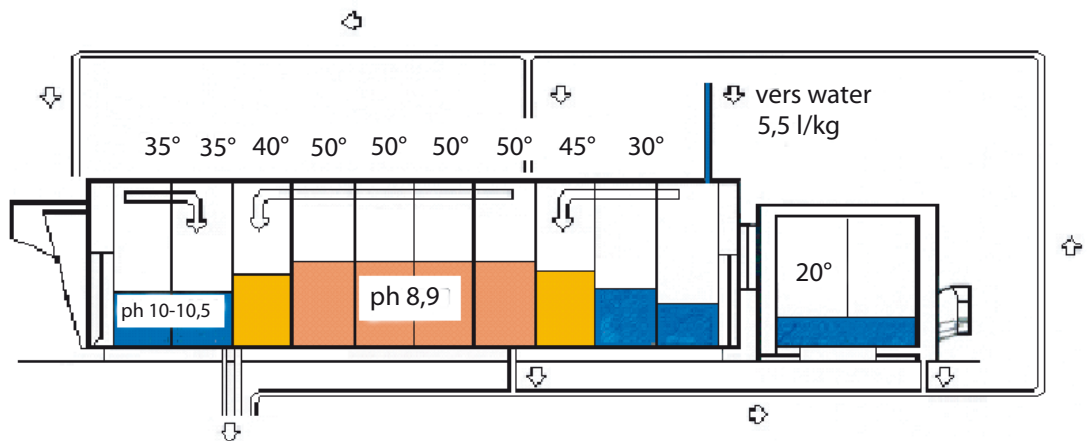
Als u wast op lagere temperatuur, moet u het proceswater minder opwarmen. Maar er is ook minder koud water nodig voor de "cooldown", het afkoelen van het gewassen textiel. U bespaart hiermee energie, water én tijd.

Wassen op lage temperatuur zou ook, door het mildere wasproces, de levensduur van het textiel verlengen. Daarnaast zal de temperatuur van het geloosde afvalwater dalen. (De temperatuur van het geloosde afvalwater mag volgens de VLAREM-wetgeving maximaal 45°C zijn als u in de openbare riolering loost. Bij lozing in oppervlaktewater is het maximum 30°C.)

Iedere wasmiddelenleverancier kan u de lage temperatuurwastechnologie aanbieden.

Voorbeeld van lage temperatuurwastechnologie

Wassen op lagere temperaturen is mogelijk dankzij het gebruik van perzuren als bleektechnologie. Perazijnzuur en phtalimidoperoxyhexaanzuur zijn beiden peroxyverbindingen met een lage activeringsenergie. Perzuren laten toe te bleken bij lagere temperaturen van 40°C tot 60°C, in tegenstelling tot waterstofperoxide die een temperatuur vereist van minimum 60°C, vaak 85°C. Dergelijke bleektechnologie is ook beschikbaar in sommige waspoeders. Een bleekactivator (TAED of tetra-acetyl-ethyleen-diamine) reageert met de waterstofperoxide die door perboraten vrijgegeven wordt om zo tijdens het wassen perazijnzuur te vormen.



Figuur 5: Principeschets van een lage temperatuurwasproces op een wasstraat. Het bleekproces vindt plaats op 50°C; de effluenttemperatuur van het afvalwater bedraagt 35°C (bron: JohnsonDiversey).

1.1.8 Restvochtgehalte reduceren bij persen en centrifugeren in tunnelwasmachines

Persen op een hogere druk vermindert het restvocht in het linnen na het persen. Net zoals bij het warm spoelen verkort het persen op hoge druk de droogtijd.

De machineconstructeurs bieden momenteel persen aan met een werkdruk van 40 tot zelfs 57 bar.

In de figuren 8 en 9 wordt getoond hoeveel extra restvocht kan verwijderd worden door te persen op hoge druk.

Voor normaal katoen, dat geperst wordt op 51 bar in plaats van op 28 bar, moet er twintig procent minder water verdampt worden. Dat betekent dat er 20% minder stoom nodig is.

Volgens het rekenvoorbeeld in tabel 2 kan er 20% bespaard worden op de stoomkosten door op hogere druk te persen. Het betreft hier een wastunnel met 13 kamers met een capaciteit van 50 kg. De totale wastijd is 30 minuten; een perscyclus duurt 138 seconden.

		SEP 50 (28 bar)	SEP 50 (51 bar)
Cyclustijd	sec	138	138
Belading bij 75% benutting	kg/h	975	975
Restvocht (DIN) voor normaal katoen, 70 g/m ²	% (ong.)	56	45
Hoeveelheid overblijvend water voor verdamping	l/h (ong.)	546	439 verschil ~20 %
Hoeveelheid stoom die nodig is voor het verdampen van 1 liter water in een droger of mangel	kg (ong.)	1,75	1,75
Totale hoeveelheid stoom	kg/h (ong.)	956	768 verschil ~20 %
Stoomkosten per uur aan 33,35 euro/1000 kg stoom	euro/h (ong.)	32	25 verschil ~20 %
Stoomkosten per jaar bij ong. 2000 werkuren (8h/dag x 250 dagen/jaar)	euro/jaar (ong.)	63.063	50.676
Besparingen op de stoomkosten/jaar	euro (ong.)		12.387 (ong. 20%)

Tabel 2: Berekening van de besparing op de stoomkosten door te persen op 51 bar in plaats van op 28 bar (bron: Habuco).

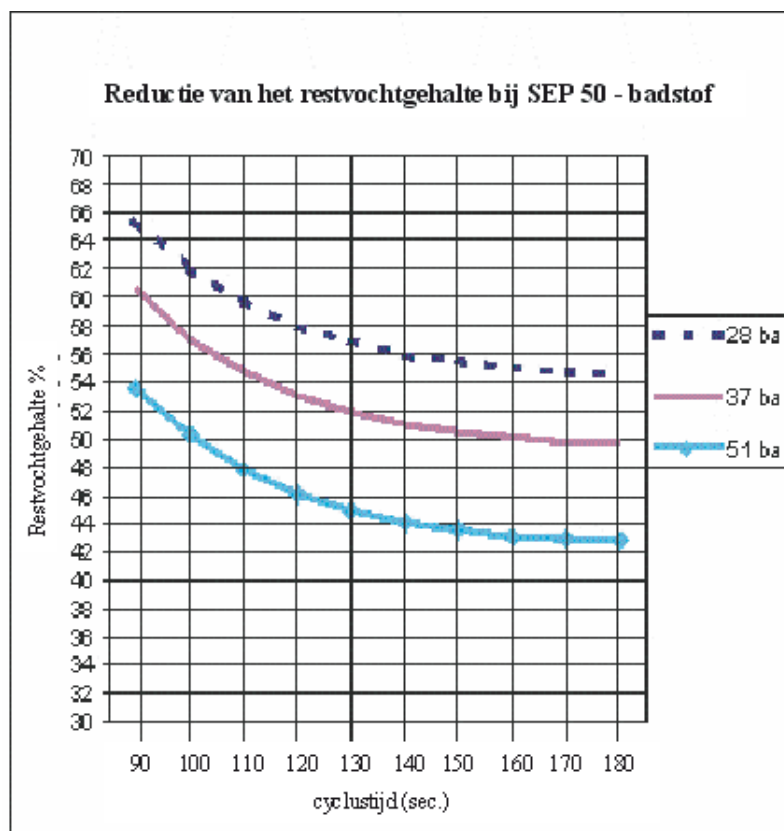


Figuur 6: Een hogere persdruk leidt tot een verlaging van het restvochtgehalte van het textiel na het persen (bron: Habuco).

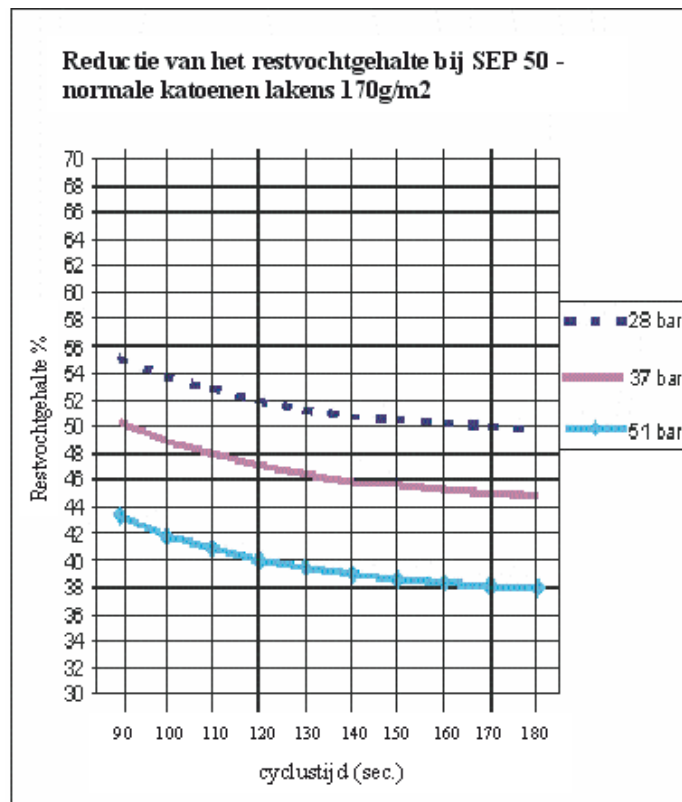
Ook op het niveau van de centrifuges bieden innovatieve technieken de mogelijkheid de taktijd van het proces te verlagen en het restvochtgehalte te reduceren.



Figuur 7: Centrifuge na wastunnel (bron: FBT-innovatiecel).



Figuur 8: Verloop van het restvochtgehalte in functie van persdruk en -tijd voor badstof (bron: Habuco).



Figuur 9: Verloop van het restvochtgehalte in functie van persdruk en -tijd voor normaal katoen (bron: Habuco).

1.1.9 Warmte recupereren uit afvalwater door middel van warmtewisselaars

Het afvalwater dat na het wassen in de riolering verdwijnt is nog warm. De warmte-inhoud van dat afvalwater kan voor een deel gerecupereerd worden door middel van een warmtewisselaar. De gerecupereerde warmte kunt u bijvoorbeeld gebruiken om het verse koude water op te warmen. Uiteraard is dat alleen interessant indien er behoefte is aan opgewarmd vers water, of indien de temperatuur van het afvalwater de lozingsnormen overschrijdt.

Warmtewisselaars worden vaak geïntegreerd in een tunnelwasmachine. Met de warmte die gerecupereerd wordt uit het afvalwater, wordt vers, koud spoelwater opgewarmd. Spoelen met warm water verlaagt het restvochtgehalte na het zwieren of het persen. Een verlaagd restvochtgehalte resulteert op zijn beurt in kortere droogtijden van het linnen.

Ook bij centrifugerende wasmachines is het inzetten van een warmtewisselaar technisch mogelijk. In dat geval wordt de warmtewisselaar "end-of-pipe" geplaatst, net voor het afvalwater in de riolering verdwijnt. Door de discontinue vraag naar warm water bij centrifugerende wasmachines, is het nodig een buffer te voorzien voor de opslag van het opgewarmde proceswater.

Warmtewisselaars nemen relatief weinig plaats in (1 tot 5 m²) en hebben een capaciteit van 5 tot 30 m³/h.

Uit de literatuur blijkt dat het inzetten van warmtewisselaars de energiekosten voor het opwarmen van het proceswater met 12-17% reduceert.

Een terugverdientijd van 20 tot 36 maanden is in vele gevallen haalbaar.

De volgende warmtewisselaars werden specifiek ontworpen voor de wasserijsector.



Figuur 10: Horizontaal opgestelde buis in buis warmtewisselaar in een end-of-pipe toepassing (bron: Dunlop).



Figuur 11: Vertikaal opgestelde warmtewisselaar met doorvoerpomp, buffervat en controle-unit. Dit is een getordeerde pijpwarmtewisselaar. De gedraaide pijpen moeten vervuiling voorkomen (bron:JohnsonDiversey).



Figuur 12: Bij deze warmtewisselaar wordt het vers water door de tussenwanden en buitenwand gestuurd. Het afvalwater wordt door roterende borstels in turbulentie gehouden, waardoor de platen zuiver gehouden worden (bron: Christeyns).



Figuur 13: Een warmtewisselaar met zelfreinigende rotor. Het warme afvalwater stroomt aan de buitenkant van de roterende schotels. Het koude, verse water wordt door de schotels heen gestuurd (bron: Ecolab).

1.1.10 Intern hergebruik van proceswater

Het was- of spoelwater kan bij bepaalde soorten wasgoed opnieuw gebruikt worden in andere stappen van het wasproces. Naast een aanzienlijke vermindering van het waterverbruik kan ook een deel van de warmte van het gerecupereerde water benut worden.

Om water te kunnen hergebruiken moet bijna altijd een of andere vorm van filtratie of zuivering toegepast worden. Dat kan gaan van eenvoudig zeven van het water tot een behandeling met omgekeerde osmose.

Intern hergebruik van proceswater op centrifugerende wasmachines

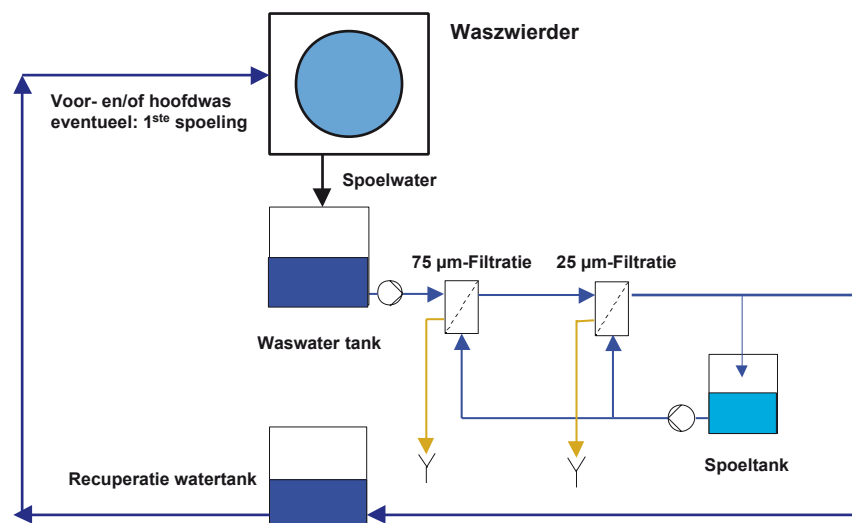
Bij de centrifugerende wasmachines moet het water opgevangen worden in een opslagtank alvorens het gebruikt kan worden bij een volgende processtap. Bij nieuwe machines wordt deze opslagtank in optie aangeboden, net als een tweede wateruitlaat. Bij minder recente machines moet deze buffertank afzonderlijk geïnstalleerd worden.

Een relatief eenvoudige techniek om spoelwater te recupereren in het inweek- of hoofdwasproces is het water te filteren over een schijven-filter die het zwevende stof en textielpluis uit het proceswater filtert.



Figuur 14: Filtersysteem van 75 μ m en 25 μ m-filtratie uitgerust met automatische terugspoeling. Inzetbaar op wastunnels of centrifugerende wasmachines (bron: Ecolab).

Filtratie van spoelwater op een waszwierder



Figuur 15: Schematische voorstelling van het hergebruik van spoelwater op centrifugerende wasmachines (bron: Ecolab).

Intern hergebruik van proceswater op wasstraten of wastunnels

Het water- en energieverbruik is bij wastunnels beduidend lager dan bij centrifugerende wasmachines. Waar dat economisch en technisch haalbaar is, moet dan ook de voorkeur gegeven worden aan het wassen in wastunnels.

Bij de wasstraat is een ver doorgedreven water- en energiebesparing standaard. Toch zijn er nog tal van extra besparingsmogelijkheden:

- beperk het aantal lege kamers tussen twee verschillende wasprocessen;
- isoleer de (warme) kamers;
- plaats warmtewisselaars, zo bespaart u een pak stookkosten;
- gebruik gerecupereerd (warm) spoelwater en perswater voor de inweek.

Net als bij de was- en zwiermachines worden voor wasstraten filtersystemen aangeboden om spoelwater of zelfs inweekwater te filteren. Dit gefilterde water kan vervolgens in het wasproces hergebruikt worden.

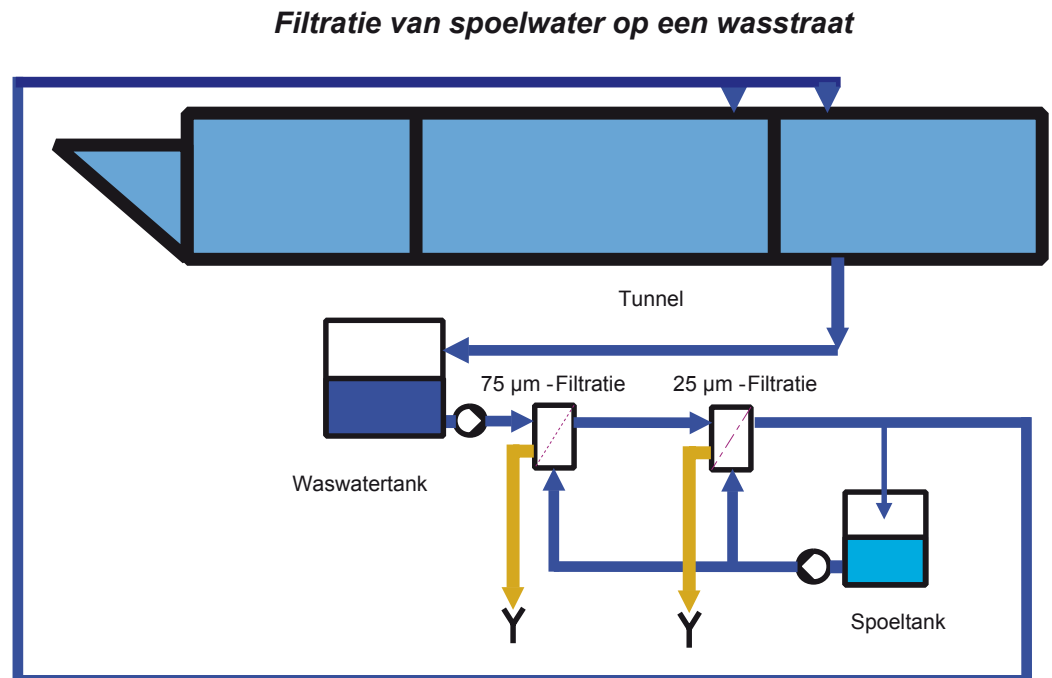
Bij minder recente wastunnels is de watertoevoer vast ingesteld. Wanneer de tunnel onderbeladen is, wordt er dus een overmaat aan vers water verbruikt. Bij recente wastunnels daarentegen is de watertoevoer afhankelijk van de cyclustijd en de belading.

Het perswater kan ook hergebruikt worden in de spoelzone. Een perswater-recuperatiesysteem dat bij de start van de wascyclus het opgevangen perswater in de spoelzone pompt, kost ongeveer 4000 tot 5000 euro (piping, sturing en pomp). Daar staat een waterbesparing tegenover van 1 tot 2,5 l/kg.



Figuur 16: Perswaterrecuperatie op een wasstraat (bron: JohnsonDiversey).





Figuur 17: Principeschema van een filtratie van spoelwater over een 75 en 25 µm-filter bij een wasstraat voor operatietextiel (bron: Ecolab).

1.1.11 Water- en energiemangement

Door registratie van het water- en energieverbruik is de werking van de apparatuur in de wasserij en het verbruik nauwkeurig te volgen.

Het opzetten van een 'minimaal' water- en energiemanagementsysteem is hieronder weergegeven. Met weinig registratiewerk krijgt u zo veel informatie terug.

De stappen bij het opzetten van een water- en energiemanagementsysteem zijn:

- inventarisatie van water-, gas- en elektriciteitsstromen;
- installatie van tussenmeters voor water en gas;
- opstellen van een meetprogramma.

De volgende waterstromen moet u in ieder geval in beschouwing nemen: voedingswater van de stoomketel, voedingswater van de wasmachines, regeneratiewater van de waterontharder en ontijzeringsinstallatie. Op elk van deze deelstromen kan het best een waterteller geplaatst worden.

Voor de registratie van het gasverbruik kunt u het best voorzien in een tussengasmeter vóór de stoomketel. Uit het verschil met de totaalmeting volgt het gasverbruik voor de gasdrogers en de overige apparatuur. Uit het gasverbruik van de ketel en het rendement van de ketel volgt de stoomproductie.

Voor een eenvoudige registratie van het elektriciteitsverbruik volstaat opname van het dag- en nachtverbruik, reactief verbruik (cosφ) en de maandelijkse (piek)belasting.

1.2

Het drogen van het linnen

Na het persen of centrifugeren wordt het linnen gedroogd. Dat betekent dat de miljoenen kleine waterdruppeltjes die na het zwieren of persen nog in het weefsel vastzitten, verdampt moeten worden.

Afhankelijk van het type wasgoed kan een van de volgende droogmethoden gebruikt worden:

- shaken en mangelen;
- tumblerdrogen;
- finishen in tunnelfinishers.

1.2.1

Shaken en mangelen

Het platgoed zoals lakens en doeken, dat als een compacte massa uit het wasproces is gekomen, wordt in een shaker, een ronddraaiende trommel, losgeschud.

Daarna wordt het gedroogd en gestreken in de mangel. Het platgoed wordt meestal vol- of halfautomatisch in de mangel gebracht. De mangelband en de draaiende rollen zorgen voor het transport van het linnen door de mangel. De mangelband brengt het wasgoed tot aan de draaiende rollen, die het platgoed verder voeren langs een warme mulde, die tegen de rollen drukt. De warme mulde heeft een dubbele functie: de mulde 'strijkt' het wasgoed en de warmte van de mulde zorgt voor het drogen van het wasgoed.

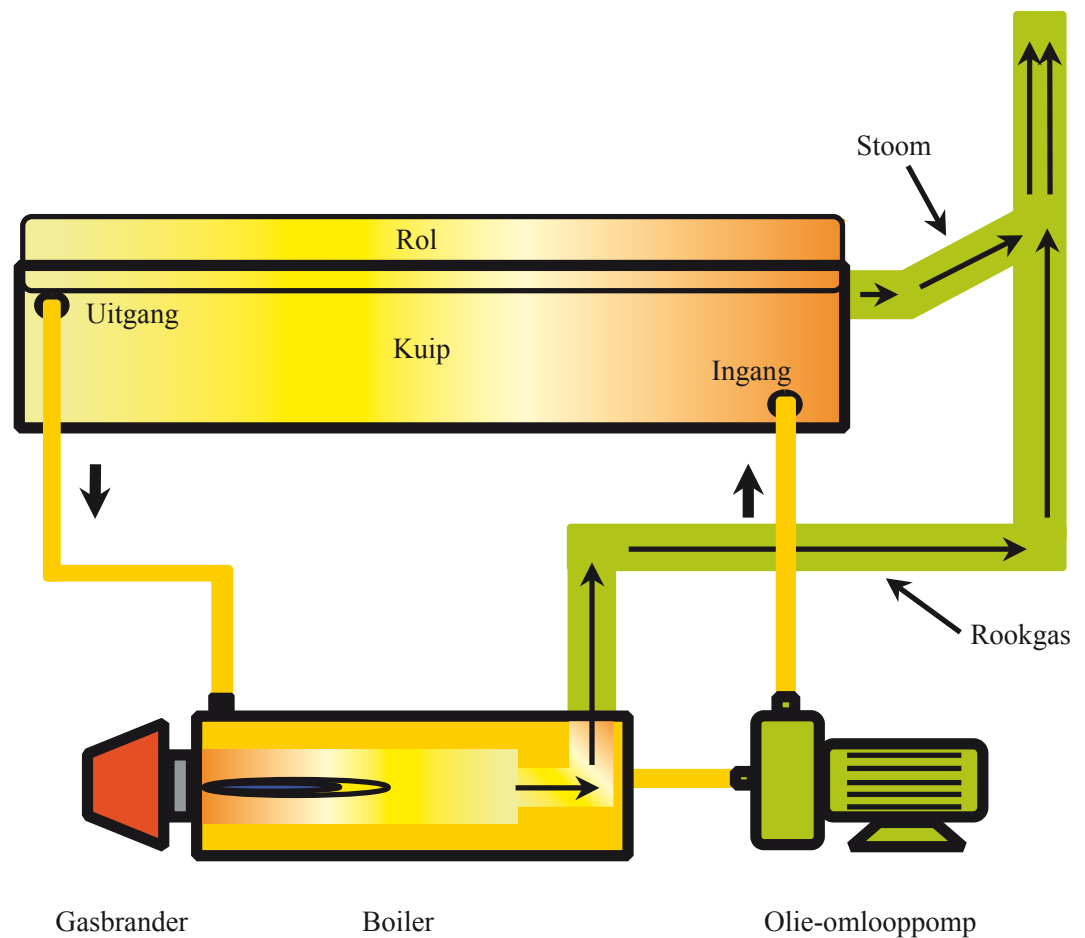
Het water dat door het contact met de warme mulde verdampt, wordt door de viltlaag, die rond de roterende rollen zit, opgenomen. Dit vocht wordt met behulp van ventilatoren, aan de binnenkant van de rol, weer uit de viltlaag gezogen en afgevoerd. Na de mangel wordt het textiel (veelal automatisch) gevouwen.

Energietips

1.2.1.1

Directe aardgasverwarming

Net zoals bij de drogers is ook bij het mangelen een directe aardgasbrander mogelijk. Deze mangels zijn gevuld met thermische olie en worden verwarmd met aardgasbranders met een rendement van 90% (verhouding brandstof/nuttige warmte = 1,11). Op basis van dat rendement verwacht men een besparing aan energie van 14%. In werkelijkheid ligt de besparing evenwel hoger: tot 25-30% (bron: KVBG).



Figuur 18: Principeschets van een directe aardgasbrander (bron: Lapauw).

1.2.1.2

Optimale benutting van de mangel

Een mangel verbruikt bij stilstand ongeveer 50% van de energie die hij verbruikt bij volle productie (bron: Van Mil & Bolman, 1987). Het gebruik van de mangel moet dus zo gepland worden dat hij continu in gebruik is en stil wordt gelegd als de dagproductie volledig is afgewerkt.

Het is mogelijk een fotocel te plaatsen die de afzuiging van de mangel automatisch stillegt als binnen een bepaalde tijdsperiode geen nieuw wasgoed meer is ingestoken. Met een instelbare tijdsrelais kan dan op een volgend tijdstip de mangel gestopt worden. Deze procescontrole kan ook gebeuren op basis van de meting van de relatieve vochtigheid van de afgevoerde mangellucht.

De investeringen in een dergelijk systeem worden door TNO-RT op 2500 euro geraamd. De opbrengsten zijn vrij moeilijk in te schatten.

1.2.1.3 Optimale belegging van de mangel

Een optimale belegging van de mangel levert ook een optimaal energieverbruik op. Het gemiddelde textieloppervlak dat per minuut een zeker punt in de mangel passeert, kan vergeleken worden met het viltoppervlak dat per minuut datzelfde punt passeert. De verhouding van beide geeft de beleggingsgraad van de mangel weer (bron: IR-TNO, 1990).



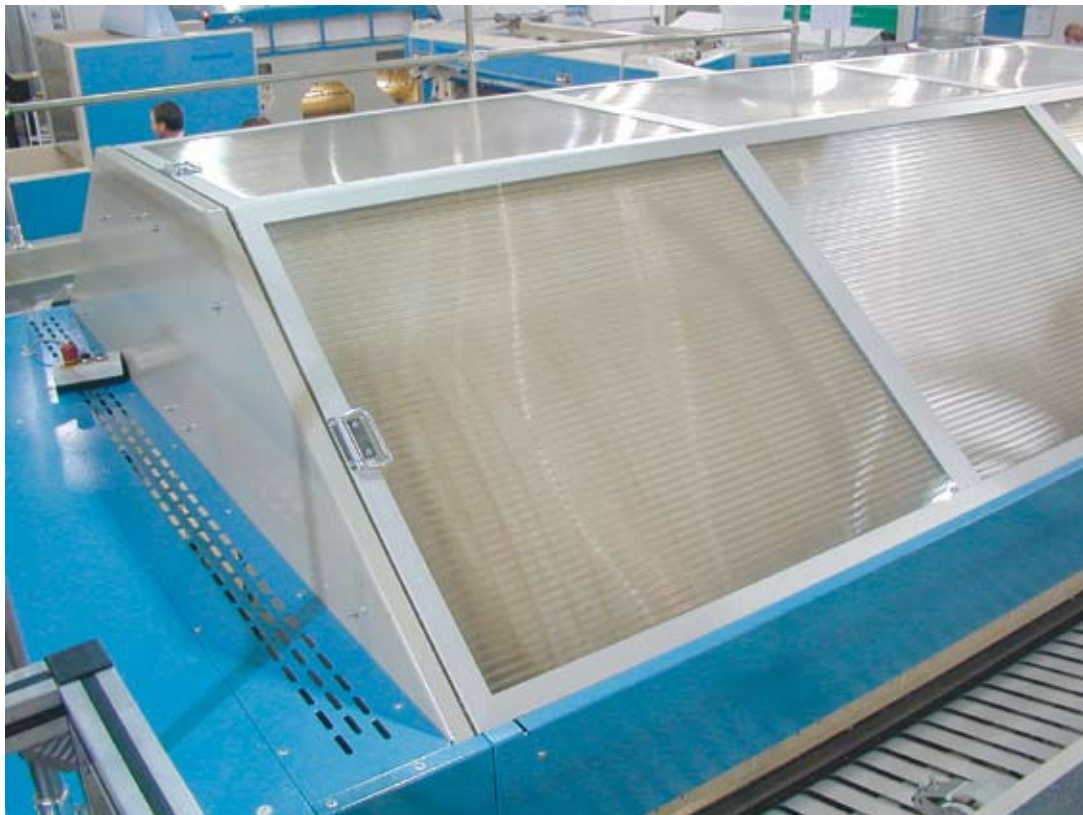
Figuur 19: Optimale belegging door middel van insteekapparatuur (bron: FBT innovatiecel).

1.2.1.4 Plaatsen van mangelkappen

Bij een optimale belegging van de mangel zorgt een mangelkap voor een stoombesparing van 7% per kg verwijderd restvocht (bron: Koperdraad en Kuster, 1995).

Nieuwe mangelinstallaties worden standaard uitgerust met mangelkappen. Een minder recente installatie kan alsnog van mangelkappen voorzien worden. De kosten voor een 3-roller zijn ca. 7500 euro.

Het plaatsen van mangelkappen verbetert bovendien het werkklimaat door een vermindering van geluid, stof en warmte.



Figuur 20: Een nieuwe mangelinstallatie met mangelkappen (bron: Streitz).

1.2.1.5

Afstellen van de afzuiging van de mangelrol

De afzuiging van de mangelrol zorgt voor het afvoeren van het verdampte vocht.

Wanneer er te veel lucht wordt afgezogen, is er verspillings van energie. Als de afzuigcapaciteit per rol via een regelbare klep beter wordt afgesteld, beperkt u het energieverlies.

De optimale afstelling van de afzuiging moet op het niveau van de individuele wasserij bepaald worden.

1.2.1.6

Recuperatie van warmte uit proceslucht bij aardgasmangel

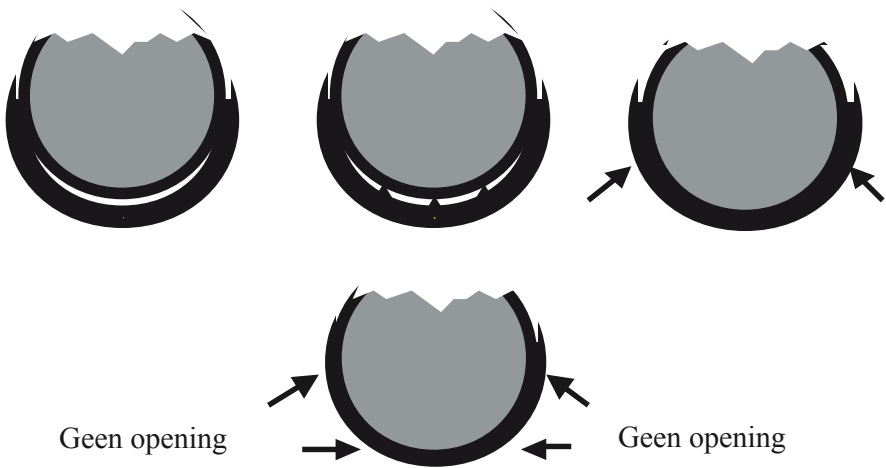
De warmte uit de warme afzuiglucht en de rookgassen kan door middel van een warmtewisselaar uitgewisseld worden met de aangezogen verse lucht. Hiervoor worden de mangelrollen afgeschermd met een geïsoleerde staalplaat. Door deze techniek toe te passen kunnen de mangelrollen 40°C warmer gehouden worden. Daardoor verhoogt de productiecapaciteit met 5%. Deze techniek is beschikbaar voor gasmangels (bron: Dhr. Braekman, Lapauw).

1.2.1.7 Flexibele kuip

De flexibele kuip, wel of zonder scharnier, bij mangels zorgt ervoor dat er altijd een uniforme en constante druk over de hele breedte van de mangelrol heerst, zonder vervorming van de kuip.

De mangelbekleding verslijt met de tijd. De flexibele kuip past zich aan de veranderende mangelbekleding aan. Op die manier blijft er steeds 100% contact tussen de bekleding en de rol.

Mangels met een flexibele kuip bieden bovendien een hogere strijkweg. Bij starre kuipen is de maximale omtrekshoek 175°, bij flexibele kuipen wordt deze omtrekshoek verhoogd tot 196°. Dat resulteert in een stijging van de productiecapaciteit tot 15% (bron: Lapauw).



Figuur 21: Schema omtrekshoek vergroting (bron: Lapauw).

Rol-diameter	Openingen aan de ingang en de uitgang van de kuip									
	1mm	1,5mm	2mm	2,5mm	3mm	3,5mm	4mm	4,5mm	5mm	5,5mm
300mm	27%	40%	55%	67%						
400mm	20%	30%	41%	50%	61%	70%				
500mm	16%	24%	33%	40%	49%	56%	66%	73%		
600mm	13%	19%	27%	32%	40%	45%	54%	59%	64%	72%
700mm	11%	16%	13%	27%	34%	38%	46%	50%	55%	61%
800mm	10%	15%	21%	25%	31%	35%	42%	46%	50%	55%
1000mm	8%	12%	16%	20%	24%	28%	32%	36%	40%	44%

Tabel 3: Verlies aan verwarmingsoppervlakte van de kuip in % (bron: Lapauw).

1.2.2 Tumblerdrogen

In een tumbler wordt het wasgoed (bijvoorbeeld antistofmatten, badstof en kleding) losgeschud en gedroogd. De tumbler bestaat uit een roterende trommel waarin het textiel met warme lucht in aanraking komt. Door het draaien van de trommel wordt het wasgoed steeds weer omhoog genomen.

De rotatiesnelheid van de trommel wordt zo afgesteld dat, wanneer het wasgoed het hoogste punt in de trommel heeft bereikt, het weer naar beneden valt. Op die manier komt het textiel zo veel mogelijk in contact met de drooglucht.

Bij het drogen in de tumbler komt stof vrij. Dat stof wordt afgezogen naar een filter.

Het spreekt voor zich dat het produceren van warmte voor het drogen een van de belangrijkste energieverbruikers in de wasserij is.

Energietips

1.2.2.1 Stoom of gas?

Bij de opwekking en het transport van stoom gaat heel wat energie verloren. Daardoor is een gasgestookte droger energetisch gunstiger. Uit de tabel met de normverbruiken (zie blz. 2) blijkt het grote verschil in energie-efficiëntie: voor stoom 4,7 MJ/kg; voor gas 2,7 MJ/kg.

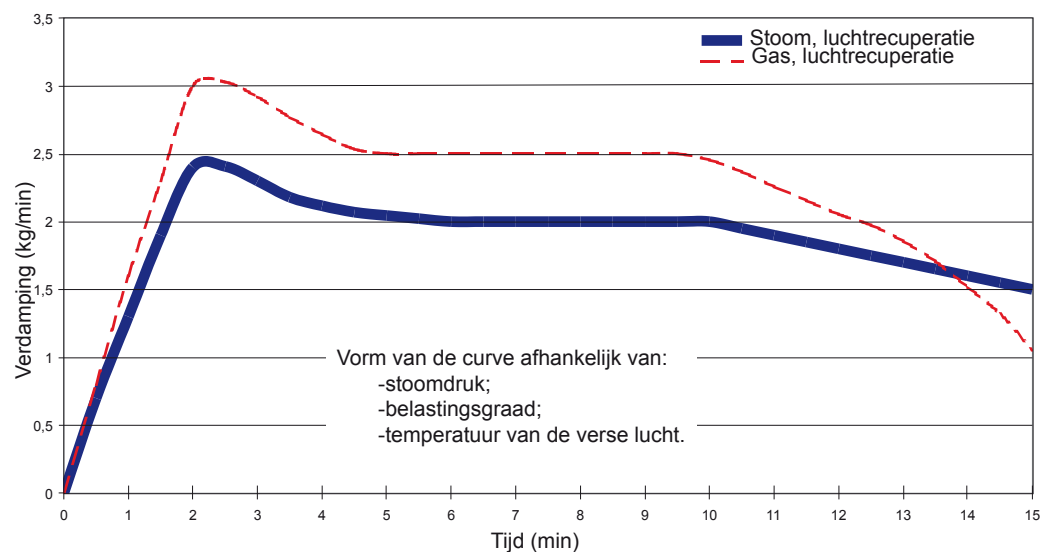
De aankoop prijs van een gasgestookte droger ligt tot 5% hoger.



Figuur 22: Rechtstreekse aardgasverwarming op tumblerdroger (bron: FBT-innovatiecel).

Zelfs op een bestaande stoomdroger kan de stoomwarmtewisselaar vervangen worden door een gasbrander. Daarbij worden de verbrandingsproducten met de drooglucht gemengd. Het linnen wordt hierdoor niet vervuild, aangezien aardgas zonder roetvorming wordt verbrand.

De verdamping bij directe drogers verloopt aanzienlijk sneller dan bij indirecte verwarming. Daardoor is ook de droogtijd korter.



Figuur 23 : Vergelijking van de verdampingssnelheid bij rechtstreekse gasverwarming versus stoom (bron: Habuco).

1.2.2.2 Optimale belading van de droger

Een goede verhouding tussen trommeldoormeter en trommeldiepte verzekert een goede doorstroming van de drooglucht door het te drogen textiel. Bij een onderbelading van de droogtrommel zal de drooglucht meer langs dan door het linnen passeren. Dat betekent dat het droogproces dan minder efficiënt is.

Een maximale belading levert een aantal voordelen op: een energiezuiniger droogproces, een grotere droogcapaciteit en een kleinere capaciteit van de geïnstalleerde droogtrommels.

Een groot geperforeerd oppervlak van de trommel draagt eveneens bij tot een goede doorstroming van de drooglucht.

1.2.2.3

Goed onderhoud van de droger

"Good housekeeping" is een belangrijke factor voor energiebesparing. Door de drogers goed te onderhouden verloopt het droogproces beter. Een goed onderhoud van de droogtrommel houdt het volgende in:

1. Controleer regelmatig op luchtlekken. Zo ziet u waar energie verloren gaat.

2. Reinig regelmatig de pluizenfilter. Om het droogproces zo snel en energiezuinig mogelijk te laten verlopen, is het aan te bevelen de stoffilters van droogmachines uiterlijk om de vijf volladingen schoon te maken. Dat bevordert de luchtdoorlaat enorm, waardoor het proces sneller en energiezuiniger verloopt. Daarbij is het ook aan te bevelen om de gehele droger eenmaal per week inwendig schoon te maken. Let er daarbij vooral op dat bij stoomdrogers de aanzuigfilter van het stoolement schoongemaakt wordt en bij gasdrogers de filter van de verbrandingsluchtventilator.

Bij een automatische pluizenfilter wordt de filter met behulp van perslucht gereinigd. De pluizen worden onderaan in de machine in een zak opgevangen of worden centraal verzameld in een pluizenverzamelbox. Bij automatische pluizenfilters moeten de pluizen slechts eenmaal per week uit de zak of box verwijderd worden, afhankelijk van het soort linnen. Zelfs bij automatische stoffilters is het aan te raden regelmatig de droger inwendig schoon te maken.

3. Reinig regelmatig de trommels. Het controleren en reinigen van de trommels is altijd nodig, anders loopt u het risico dat de geperforeerde trommel dicht raakt met vuil. Getefloniseerde trommels vergemakkelijken het onderhoud, maar ook hier blijft reinigen noodzakelijk.

4. Regelmatig reinigen van de verwarmingselementen.



Figuur 24: Verwarmingselement van de droger (bron: Habuco).

1.2.2.4 Hercirculatie van de lucht

Bij hercirculatie van drooglucht wordt de afgevoerde drooglucht geheel of gedeeltelijk hergebruikt in het droogproces. Bij stoomdrogers is een volledige recyclage mogelijk; bij gasgestookte drogers niet, aangezien altijd een primaire hoeveelheid verbrandingslucht aangezogen moet worden.

Bij gasdrogers moet altijd minimaal 30% verse lucht gebruikt worden. Bij stoomdrogers kan het verbruik van verse lucht tot 20% beperkt worden. In de praktijk kan door luchthercirculatie tot 30% van de energie voor het drogen bespaard worden.

1.2.2.5 Efficiënte sturing van het proces

Met een efficiënt gestuurd droogproces kunt u besparen op droogtijd, verwarmingscapaciteit en stilstandsverliezen. De sturing van de minimale en maximale droogtijd gebeurt op basis van het temperatuursverschil tussen in- en uitgangstemperatuur.

Bij gasbranders kan de brander gemoduleerd worden volgens de uitgangstemperatuur. Bij stoomdrogers wordt met een regelbare stoomklep gewerkt.

Een overdroogbeveiliging beschermt temperatuursgevoelig textiel tegen een stijging van de temperatuur boven de 110°C.

Voor de optimalisatie van de droogtijd zijn twee technieken beschikbaar: de infraroodsensor en de vochtigheidsvoeler.

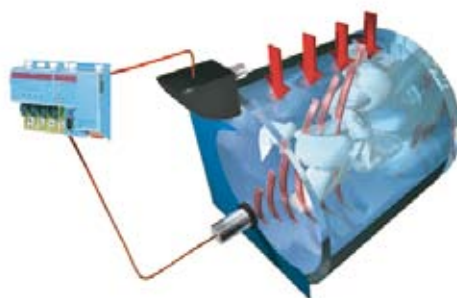
Bij de infraroodsensor wordt de temperatuur op het linnen gemeten. Het droogproces wordt stopgezet als het linnen de gewenste temperatuur bereikt heeft.

Een vochtigheidssensor legt het droogproces stil op het moment dat het wasgoed droog genoeg is. Het systeem is gebaseerd op het meten van de vochtigheid op de uitlaat van de trommel. Een vochtsensor meet alleen de gemiddelde vochtigheid. Een goede sortering van het wasgoed voorkomt dat bij het stilleggen van het droogprogramma sommige stukken wel goed gedroogd zijn, terwijl andere nog vochtig zijn.

Beide systemen zorgen ervoor dat de droogcyclus vroeger stopt dan bij een cyclus die werkt met de methode van het temperatuursverschil. Ook bij het over- en onderbeladen van de droogtrommel zal de minimum droogtijd gerespecteerd worden. De grootste winst wordt geboekt in besparingen in droogtijd. Volgens de leveranciers van beide systemen bedraagt de tijdsbesparing tussen de 7 en 15%. De energiebesparingen zijn overeenkomstig, maar lager dan de besparing in droogtijd.



Figuur 25: Vochtigheidsvoeler op het uitlaatkanaal van de droger (bron: Habuco).



Figuur 26: Temperatuursmeting op het te drogen textiel door een infraroodmeting op tumblerdroger (bron: Streitz).

1.2.3 Finishen in tunnelfinishers

Polyester en katoenen wasgoed (vooral jassen en werkkleding) worden geperst of gedroogd in een tunnelfinisher. Het wasgoed wordt hiervoor op een hanger op een ketting gehangen en zo door de tunnel getransporteerd. In de tunnel worden de stukken in contact gebracht met stoom en warme lucht. Ook hier komt stof vrij, dat door een filter op de afvoer wordt opgevangen.



Figuur 27: Tunnelfinisher voor de afwerking van kledij (bron: FBT-innovatiecel).

Energietips

1.2.3.1

Directe gasverwarming

Zoals bij tumblerdrogers is een directe gasverwarming bij de tunnelfinisher energetisch interessant. Een finisher op stoom vraagt 3,0 MJ/kg. Een finisher op aardgas doet het met slechts 2,5 MJ/kg. Dat is een energiebesparing van ongeveer 17%. Een gasgestookte finisher is 6 tot 8 % duurder.

Het bevochtigen van de kledingstukken daarentegen blijft een toepassing waarbij stoom zonder condensaat terugvoer noodzakelijk is.



Figuur 28: Rechtstreekse aardgasverwarming op finisher (bron: Streitz).

1.2.3.2

Goed onderhoud van de tunnelfinisher

Een goed onderhoud van de tunnelfinisher zorgt voor een optimale werking. Dat omvat de volgende elementen:

- regelmatig reinigen van de pluisfilter;
- regelmatig reinigen van het stoolement.

2

Stoom, perslucht en verlichting

2.1

Stoom

Een wasserij gebruikt bijna altijd stoom, bijvoorbeeld om het waswater op te warmen, om de drooglucht te verwarmen of om de mangel op te warmen.

Een stoomketel verwarmt water tot het verdampt en stoom vormt. De energie die daarvoor nodig is, kan geleverd worden door het verbranden van gas of stookolie.

Het stoomsysteem bestaat uit drie onderdelen:

- het ketelhuis, waar de stoomopwekking plaatsvindt;
- het leidingnet voor het transport van stoom en condenswater;
- de procesapparatuur, waar de stoom gebruikt wordt.

Het ketelhuis

Het belangrijkste element in het ketelhuis is de stoomketel. Er zijn twee stoomketeltypes: de vlampijpketel en de waterpijpketel.

De vlampijpketel bestaat uit een of meer buizen, waardoor hete verbrandingsgassen worden gestuurd. Rondom de buizen bevindt zich water dat de warmte van de verbrandingsgassen opneemt.

Bij een waterpijpketel stroomt het te verhitten water in de pijpen, die omgeven worden door verbrandingsgassen.

Er zijn stoomketels met en zonder stoomvoorraad. De ketels zonder stoomvoorraad (stoomgeneratoren) hebben het voordeel zeer vlug stoom op druk te produceren, maar bij kortstondige uitval, valt het hele bedrijf zonder stroom.

Het voedingswater (suppletiewater) dat in de stoomketel wordt gebracht, bevat ook na zuivering nog een aantal onzuiverheden, zoals opgeloste zouten. Doordat de opgewekte stoom zuiver is, blijven deze onzuiverheden achter in het ketelwater. Dat heeft tot gevolg dat de concentratie van deze verontreiniging in het ketelwater geleidelijk toeneemt. Een te hoge concentratie van bijvoorbeeld zouten zal een schadelijke werking hebben, waaronder corrosie van de leidingen. De snelheid waarmee de concentratie toeneemt, is afhankelijk van de hoeveelheid toegevoegd suppletiewater en de vervuilingsgraad ervan. Het is dus van belang zo veel mogelijk gecondenseerde stoom (condensaat of "retour") terug te voeren naar de stoomketel, om de hoeveelheid suppletiewater tot een minimum te beperken.

Om te voorkomen dat het ketelwater te sterk geconcentreerd raakt, is het nodig te spuien. Door het spuien gaat er echter kostbare warmte verloren. Daarom verdient dit de nodige aandacht. Het spuien kan op twee manieren gebeuren:

- discontinu: wanneer de concentratie een bepaalde waarde overschrijdt, gaat de spuikraan tijdelijk open. Men kan ook per tijdseenheid spuien (bijvoorbeeld om de dag);
- continu: dit is het geval voor vrijwel alle moderne stoomketels. Het continu of automatisch spuien zorgt ervoor dat er niet te veel gespuid wordt en maakt het ook economisch aantrekkelijk de warmte van het spuiwater te recupereren.

Het leidingnet en de proces-apparatuur

De opgewekte stoom wordt via het leidingnet naar de procesapparatuur in de wasserij gevoerd. De warmte van de stoom kan rechtstreeks of onrechtstreeks ingezet worden. Bij rechtstreekse stoominjectie geeft de stoom rechtstreeks zijn warmte af en condenseert die in het toestel. De warmte kan ook onrechtstreeks afgegeven worden door middel van een warmtewisselaar.

Tijdens het stoomtransport treedt er in geringe mate condensatie op door warmte-verlies in de leidingen. Dit condensaat moet afgevoerd worden via condenspotten. Het condenswater wordt teruggevoerd naar het ketelhuis en daar opnieuw bij de stoomproductie ingezet.

De stoomgenerator



Veel wasserijen hebben een stoomgenerator in plaats van een klassieke stoomketel. Een stoomgenerator bestaat uit een verwarmingsspiraal, een brander, een voedingswaterpomp, een stoom/water-afscheider en een elektrische stuurstaf. De pomp stuwt het water door de verwarmingsspiraal, waar het omgevormd wordt tot stoom.

Figuur 29: Stoomgenerator (bron: Clayton).

De stoomgenerator biedt een aantal voordelen:

- laag energieverbruik;
- compacte bouw: de stoomgenerator kan in een kelder of op een zolder geplaatst worden. Door de compacte bouw zijn ook de stralingsverliezen minimaal;
- door de kleine waterinhoud start de stoomgenerator nagenoeg ogenblikkelijk op. Een kleine unit produceert stoom na een drietal minuten en is twee minuten later op vollast. Een groter model (bv. 9 ton/h) bereikt na 20 minuten zijn volle vermogen;
- in een stoomgenerator wordt, tegelijkertijd met de brander, het pompdebiet gemoduleerd. Bij een stijgende vraag naar stoom worden de brander en de pomp onmiddellijk naar een hoger regime gebracht. Dat resulteert in een stabiele druk,

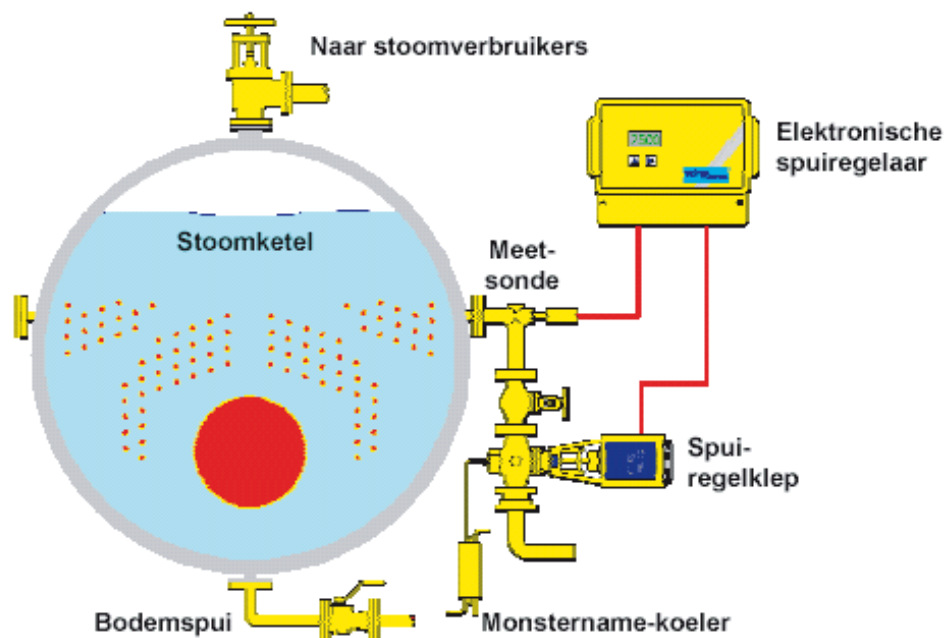
2.1.1

Automatisch geregelde ketelspui

Het spuien werd vroeger handmatig en min of meer "op het gevoel" uitgevoerd door op regelmatige tijdstippen (bv. eenmaal per shift...) de onderste spuikelep van de stoomketel gedurende enkele seconden te openen. Deze "ongecontroleerde" en onnauwkeurige manier van werken gaf aanleiding tot nogal wat energieverlies.

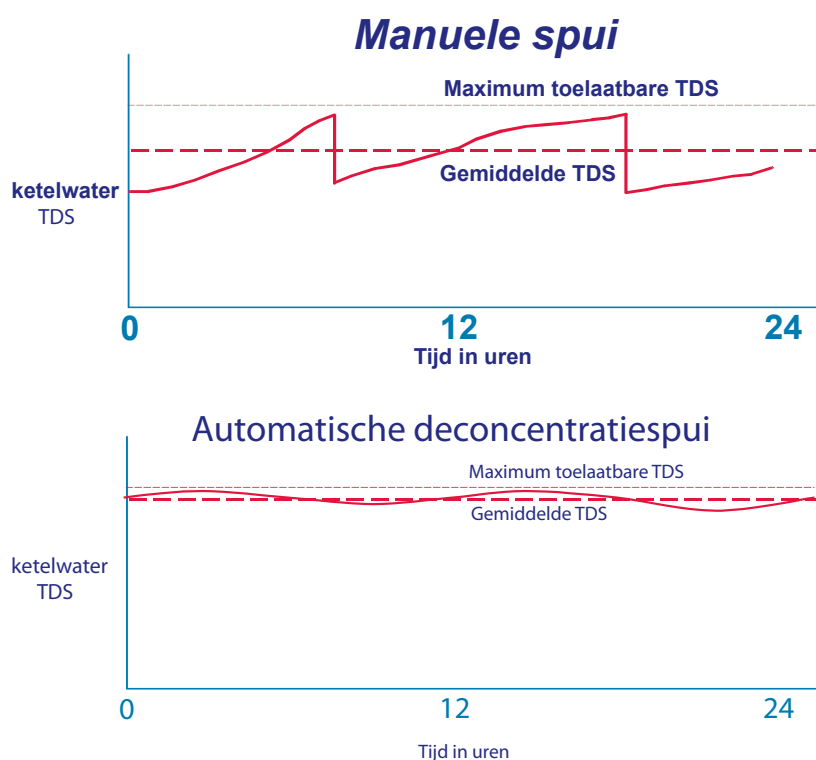
Een modern deconcentratiespuisysteem, dat gestuurd wordt door een rechtstreekse meting van de geleidbaarheid van het ketelwater, beperkt de hoeveelheid spui tot een absoluut minimum.

Een moderne deconcentratiespui-installatie is weergegeven in figuur 30.



Figuur 30: Moderne deconcentratiespui-installatie (bron: Spirax-Sarco).

Voor het handmatig of automatisch spuien gelden uiteraard dezelfde maximaal toelaatbare concentraties aan opgeloste zouten. Deze maximaal toegelaten concentratie wordt bepaald door het type ketel en de fabrikant. Bij automatisch geregelde spui kan evenwel een hogere gemiddelde concentratie aan opgeloste zouten (TDS = totaal opgeloste vaste stoffen) aangehouden worden. Daardoor moet er minder gespuid worden, wat resulteert in een besparing van energie. Dit wordt geïllustreerd in figuur 31.



Figuur 31: Handmatige versus automatische spui (bron: Spirax-Sarco).

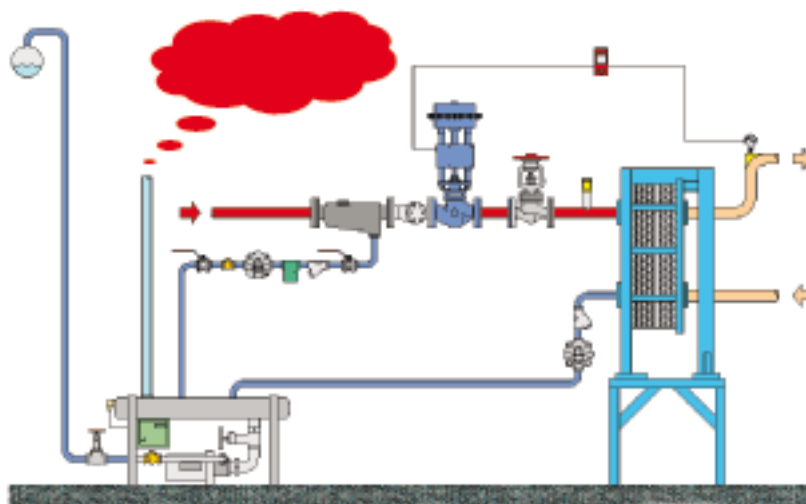
Keteldruk (bar eff.)	% brandstofbesparing per % spuivermindering
7	0,19%
10	0,21%
17	0,25%
26	0,28%

Tabel 4: Brandstofbesparing door het afvlakken van spuipeken (bron: Spirax-Sarco).

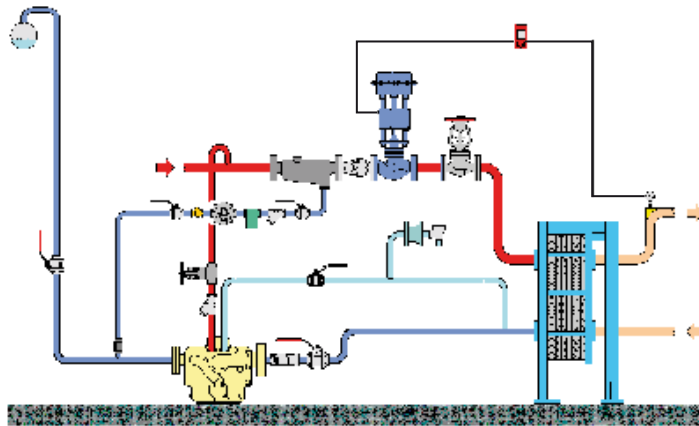
2.1.2 Pompcondenspot

Het terugwinnen van condensaat gebeurt meestal door middel van een condenspot, die gebruikmaakt van het drukverschil om het condensaat af te voeren naar de voedingstank in het ketelhuis. Als er aanzienlijke tegendruk heerst in de terugvoerleiding of als die gewoon op grote hoogte gemonteerd werd, is de kans groot dat de condenspot het condensaat laat "stuwen" in de warmtewisselaar. Er kan zelfs condensaat terugvloeien in de warmtewisselaar. Alleen als de stoomverbruiker volkomen vrij blijft van condensaat, heeft men stabiele werkvoorwaarden, een beter rendement en een langere levensduur. Wanneer het condensaat stuwt in de warmtewisselaar is er een extra functie vereist om het condensaat te verwijderen uit de verbruiker.

De pompcondenspot is een uniek en vernieuwend apparaat voor het opvangen en het terugvoeren van condensaat. Het is een compacte, gesloten eenheid, volledig autonoom werkend en aangedreven door de stoom zelf. Hij zorgt ervoor dat de stoomverbruiker altijd vrij blijft van condensaat en verzekert hierdoor een optimaal rendement van de warmtewisselaar in de verbruiker. Doordat de pompcondenspot ontworpen is voor werking in een gesloten kring, komt er plaatselijk geen naverdampingsstoom vrij in de omgeving. Zelfs de stoom die gebruikt wordt voor de aandrijving, wordt gerecycleerd en komt ten goede aan het proces.



Figuur 32a: Klassieke condensaatrecuperatie bij temperatuurgeregelde systemen: vacuümbreker-condenspot-atmosferische condensaat-tank (bron: Spirax-Sarco).



Figuur 32b: Moderne condensaatrecuperatie bij temperatuurgeregelde systemen: pompcondensspot aangedreven door stoom (bron: Spirax-Sarco).

Door het wegvallen van de vacuümbreker is er ook geen infiltratie meer van lucht in het condensaatstelsel. Het risico op agressief condensaat wordt hierdoor tot een minimum beperkt. Bovendien neemt de productiviteit van de installatie sterk toe: lucht en niet-condenseerbare gassen in stoom verlagen de temperatuur van het mengsel en verminderen aldus het warmtewisselingsrendement.

Door het wegvallen van de condensaat tank kan de warmtewisselaar ook lager geplaatst worden, doordat de noodzakelijk toevloeihoogte wegvalt.

2.1.3 Omgekeerde osmosewater als

Het is welbekend dat ketelsteen te allen tijde vermeden moet worden om de levensduur en het rendement van een stoomketel zo hoog mogelijk te houden.

Het gebruik van zacht water is reeds volledig ingeburgerd in de wasserijsector, aangezien het zeepverbruik in de wasserij ook afhankelijk is van de hardheid en er dus steeds onthard water ter beschikking is in de wasserij.

Het ontharden gebeurt door het kalkhoudende leidingwater door een ionen-wisselaar te sturen. De calcium- en magnesiumionen worden vervangen door natrium-ionen. Hierdoor verdwijnt de hardheid (het zoutgehalte blijft wel ongeveer gelijk met een geleidbaarheid van bv. 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$). De regeneratie van de harsen van de ionenwisselaar gebeurt met zout.

Om verder energetische en chemicaliënwinst te boeken en meestal zelfs waterbesparend te werken, wordt op het zachte water steeds vaker een omgekeerde osmosetoestel geplaatst om het ketelvoedingswater aan te maken.

De geleidbaarheid (zoutgehalte) van dit water kan op die manier verder verminderd worden tot een minimum van bv. 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Omgekeerde osmose is een scheidingstechniek waarbij het water onder druk door een semi-permeabel membraan geperst wordt. Dat resulteert in twee stromen: een permeaatstroom (gedemineraliseerd water met een zeer lage geleidbaarheid) en een concentraatstroom (afvalwater). Het permeaat wordt ingezet als voeding voor de stoomketel.

De geleidbaarheid van het voedingswater is een belangrijke parameter. Hoe lager de geleidbaarheid, hoe minder er gespuid moet worden. Spuien is noodzakelijk, maar het betekent een groot verlies van warmte, water en chemicaliën.

Op zacht water, zonder omgekeerde osmosebehandeling, is een spui van 15 tot 25 % een courante waarde. Als een stoomketel gevoed wordt met permeaat uit een omgekeerde osmose, valt die terug tot op ca. 1 à 2 %.

Een extra voordeel is dat, aangezien bijna alle zouten reeds uit het water verwijderd zijn, er veel minder chemicaliën nodig zijn om de zuurstof te binden en de pH te verhogen. Samen met de minimale spui, waardoor de chemicaliën veel langer in de ketel actief kunnen blijven, kan dat een besparing met een factor 10 tot 20 aan chemische producten opleveren.

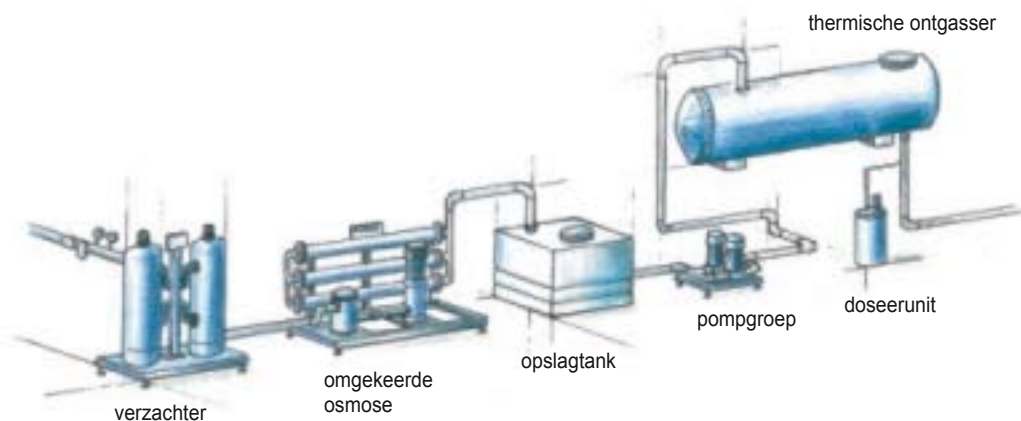
Omgekeerde osmose heeft als voordeel dat ze continu kan werken. Een klassieke waterontharder moet na een bepaalde tijd geregenereerd worden en wordt meestal duplex uitgevoerd om de regeneratietijd te overbruggen.

Een nadeel van de techniek van omgekeerde osmose is dat het geproduceerde afvalwater continu vrijkomt. Dat afvalwater is dus opgeconcentreerd water dat rijk is aan zouten.

De kostprijs van een omgekeerde osmose-installatie varieert van 8500 euro voor een unit van 500 l/h tot 20.000 euro voor een unit van 3000 l/h.

Afhankelijk van de verhouding tussen verloren stoom en retourcondens is een terugverdiëntijd van een omgekeerde osmose van 12 maanden mogelijk.

Een typische opstelling voor de aanmaak van ketelvoedingswater wordt weergegeven in figuur 33.



Figuur 33: Typische opstelling voor de aanmaak van ketelvoedingswater (bron: Eurowater).



Figuur 34: Duplex ontharder en omgekeerde osmose voor de aanmaak van 2 m³/h ketelwater (bron: Eurowater).

2.1.4 Economizer

Een economizer is een warmtewisselaar die in het rookgaskanaal wordt geplaatst. De economizer bestaat uit een pijpenbundel waarin het ketelvoedingswater wordt voorverwarmd voordat het in de stoomketel gaat. De temperatuur van de rookgassen is gemiddeld 220°C vóór de economizer en 130°C erna.

Als richtwaarde mag u aannemen dat een economizer 3% brandstofbesparing oplevert bij ketels van 5 bar, en 5% bij ketels van 20 bar.

Bij economizers moet men wel oog hebben voor corrosiegevaar. Hoe lager de uitgangstemperatuur, hoe eerder men condensatie krijgt in de rookgassen. De oorzaak van deze corrosie is het zwavelgehalte van de brandstof, bij kolen- of oliestook en het waterdampgehalte bij gasstook. In het laatste geval zijn de gevolgen minder erg en gemakkelijker te verhelpen door een goede materiaalkeuze.

2.1.5 Rookgascondensor

Een rookgascondensor verwarmt aangevoerd koud water door benutting van de warmte van de rookgassen. Daarbij wordt naast een hoeveelheid voelbare warmte ook de latente warmte van de rookgassen teruggewonnen. De rookgassen koelen hierbij zo sterk af (tot 59°C) dat de waterdamp die in de rookgassen zit, begint te condenseren. Door deze condensatie komt warmte vrij die benut kan worden om het waswater op te warmen. De rookgascondensor moet natuurlijk wel van het juiste materiaal gemaakt zijn. Er komt meer condensatiewarmte vrij naarmate de rookgassen verder afkoelen onder de 59°C-grens. Deze sterke afkoeling is alleen mogelijk wanneer de condensor wordt gevoed met zo koud mogelijk water. Wanneer de wateraanvoertemperatuur steeds hoger is dan 59°C, treedt geen condensatie op en komt er dus geen condensatiewarmte beschikbaar.

De brandstofbesparing van de rookgascondensor kan maximaal 10% bedragen, maar een belangrijke randvoorwaarde hierbij is dat warm water van bijvoorbeeld 40°C nodig is in de wasserij. Dat betekent in de praktijk dat, als men opteert voor een afvalwater/verswater-warmtewisselaar bij de wastunnel, de rookgascondensor vaak niet interessant meer is.

2.1.6 Warmteterugwinning uit spuiwater

Spuien is van groot belang om de kwaliteit van het ketelwater constant goed te houden. Door onvoldoende te spuien krijgt men kalkafzetting in de ketel, wat onder andere een slechtere warmteoverdracht tot gevolg zal hebben. Bij het spuien wordt een gedeelte van het ketelwater met een hoge verontreinigingsgraad vervangen door voedingswater (condensaat en suppletiewater) met een lage verontreiniging.

Hierbij gaat heel wat energie verloren, die teruggewonnen kan worden.

Meestal wordt het hete spuiwater, dat nog onder keteldruk staat, naar een flash- of ontspanningstank gevoerd. Hierin wordt het spuiwater blootgesteld aan een lagere druk. Aangezien de warmte-inhoud van het hogedrukspuiwater veel te groot is voor spuiwater van lagere druk en temperatuur, wordt hierbij lagedrukstoom, ook wel flashstoom genoemd, opgewekt.

De warmte die verloren gaat bij het spuien, kan teruggewonnen worden door de flashstoom over een warmtewisselaar te leiden. Ook de warmte uit het spuiwater zelf kan verder door middel van een warmtewisselaar teruggewonnen worden.

2.1.7 Terugwinnen van warmte uit flashstoom die afkomstig is van condensaat

Het condensaat dat van de verschillende verbruikers wordt teruggevoerd naar de stoomketel om opnieuw ingezet te worden, wordt naar een flash- of ontspanningstank gevoerd. De druk in de flashtank is lager dan die van het condensaatnet. Aangezien de warmte-inhoud van het hogedrukcondensaat veel te groot is voor condensaat van lagere druk en temperatuur, wordt hierbij lagedrukstoom of flashstoom opgewekt.

Deze flashstoom vormt de damppluim van de ketelinstallatie. Deze damppluim is een zuiver energieverlies dat vermeden kan worden door de warmte uit deze stoom terug te winnen. Dat kan door deze flashstoom over een warmtewisselaar te leiden.

2.1.8 Nuttige tips voor kleine industriële stoomketels

Op de websites www.stimular.nl en www.milieuwinst.be vindt u een aantal praktische tips voor het gebruik van kleine industriële stoomketels.

1. Controleer de branderafstelling

Laat de branderafstelling en ketel minimaal een of twee keer per jaar controleren door een deskundige. De branderafstelling (juiste verhouding van lucht en brandstof) wordt langzaam minder optimaal door de werking van de stoomketel en daarmee gaat het rendement achteruit. Het optimale CO₂-gehalte van rookgas ligt op 10,5%. Gemiddeld kunt u door twee keer per jaar de brander te controleren en af te stellen 0,5 tot 1% op het energieverbruik besparen. Bovendien houdt u zo uw ketel veilig en in optimale conditie.

2. Meet de schoorsteentemperatuur

Met een thermometer in het schoorsteenkanaal hebt u altijd direct zicht op het functioneren van de ketel. Dat is een eenvoudige controle. De rookgastemperatuur moet ca. 185°C zijn. Een geleidelijke stijging van rookgastemperatuur duidt op vervuiling of een veranderende branderinstelling.

3. Zuig de branderlucht aan op het hoogste punt van het ketelhuis

De lucht boven in het ketelhuis is warmer dan beneden. Door voor de verbranding warmere lucht aan te zuigen, wordt het ketelrendement hoger. Lucht die 20°C warmer is, geeft een ketelrendement dat 0,50% hoger is. Via een verticaal kanaal voor de luchtinlaat kan deze lucht worden aangezogen. Wanneer u dit kanaal op een plateau op wielen zet, kunt u het naar believen wegrijden voor onderhoud en controle aan de ketel. De investering bedraagt circa 500 euro. Bij 25.000 euro aan stookkosten is de investering binnen twee jaar terugverdiend.

4. Plaats retarders in de laatste bundel pijpen van de stoomketel

Retarders bestaan uit metalen spiralen die in de laatste trek (bundel pijpen) van de ketel worden aangebracht. Hierdoor wordt de warmte uit de rookgassen beter overgedragen naar het ketelwater. Voor rookgassen waarvan de temperatuur 20-30°C hoger is dan van stoom, is dat zinvol. Dat geeft al snel 1% rendementsverhoging van de ketel. De kosten zijn circa 400 euro.

In het geval van een stoomketel met een capaciteit van 1000 kg stoom en 35.000 euro stookkosten aan gas wordt de investering in ruim één jaar terugverdiend.

5. Installeer een automatische klep in uw schoorsteenkanaal

Als de brander uitgaat, ontstaat door natuurlijke trek een luchtstroom via de ketel door de schoorsteen naar buiten. Hierdoor koelt de brander af. Dat kan vermeden worden door een klep die automatisch de schoorsteen sluit als de brander afslaat. De stoomketel blijft dan veel beter op temperatuur en druk. Deze klep kost tussen de 1000 en 2000 euro en verdient zich bij ketels die 's nachts uitgaan of stand-by staan binnen twee jaar terug. Een extra voordeel is dat de ketel 's nachts op druk blijft en 's ochtend snel opgestart is.

6. Laat de ketelpijpen na enkele jaren gebruik reinigen aan de rookgaszijde

Met de introductie van gas is de reiniging van ketelpijpen aan de rookgaszijde vaak verdwenen uit het onderhoud. Dat is onterecht. Met de verbrandingslucht komen allerlei zwevende stoffen mee die op de pijpen neerslaan. Een vuillaagje van 0,2 mm geeft een rookgastemperatuurstijging van 10°C en 0,5% extra energieverlies.

Een schoonmaakbeurt van de pijpen bij het jaarlijkse onderhoud verdient u dan snel weer terug. U ziet na de schoonmaak direct aan de daling van de schoorsteentemperatuur dat u bespaart op stookkosten.

7. Stel de keteldruk optimaal af

Stem de keteldruk af op de energievraag.

Bij continu bedrijf van de ketel is de stoomvraag 's nachts vaak minder. Verlaag dan voor deze uren de druk op het stoomnet tot het dan benodigde minimum. Met een pressostaatschakelaar is dat automatisch in te stellen.

8. Onderhoud de condenspotten regelmatig

Lekkende condenspotten zijn een van de belangrijkste oorzaken van energieverlies in een stoomsysteem. Laat daarom de condenspotten minstens één keer per jaar nakijken. Om een goede werking van condenspotten vast te stellen, zijn metingen met stethoscoop of ultrasone detectie door een gespecialiseerd bedrijf nodig.

Het slecht functioneren van condenspotten leidt tot een te hoge condensaat-temperatuur en te hoge druk in het condensaatnet. Dit is bijvoorbeeld te zien als het condensaat een warmwatertank verwarmt. De temperatuur van de warmwatertank wordt dan hoger dan normaal, bijvoorbeeld 90°C in plaats van 80°C. Ook kan door onvoldoende afvoer van condensaat de temperatuur van het proces dalen en de productie stagneren. Het onderhoud of het eventueel vervangen van condenspotten is dan goedkoper dan wachten. Bij vervanging of bij nieuwe stoomsystemen is het zinvol een lekdetector achter elke condenspot in het systeem op te nemen.

Oorzaken van slijtage aan condenspotten zijn onder meer:

- onvoldoende schoonhouden van de filter voor de condenspot (min. eenmaal per half jaar);
- te snelle opstart van het stoomsysteem: Door waterslag komt de vervuiling van de wanden los en verstoppen de condenspotten;
- te kleine diameter van de condensaatleiding. Door bijvoorbeeld uitbreidingen met extra stoomafnemers kan de capaciteit van de condensaatleiding te klein worden. Hierdoor ontstaan wisselende drukken in het condensaatleidingnet, wat de werking van condenspotten hindert en extra slijtage geeft. Als vuistregel geldt dat de condensaatleiding dezelfde diameter moet hebben als de stoomleiding;
- kapotte condenspotten elders in het systeem saboteren een goede werking van het condensaatleidingnet. Hierdoor ontstaan tegendrukken in de leiding die slijtage aan andere condenspotten veroorzaken.

9. Repareer stoomlekkages van o.a. afsluiters of veiligheden

Ongewenste stoomlekkages aan afsluiters, veiligheden of peilglazen kosten handen vol geld. Metingen hebben aangetoond dat een klein lek van 1 mm bij 10 bar al 2,5 kg stoom per uur verlies betekent. Dat geeft jaarlijks een verlies van 300 euro. Reparatie van elk lek op korte termijn is de goedkoopste oplossing.

10. Isoleer het stoomnet, het condensaatnet en het warmwaternet overal

Dikwijls kan men energie en geld besparen door het stoomnet (180°C), het condensaatnet (100°C) en het warmwatersysteem (60°C) beter te isoleren. Vergeet hierbij de flenzen en kranen niet. Door het niet isoleren van een NW 100-afsluiter in een 10 bar-net verliest u per jaar binnen voor 300 euro en buiten voor 1000 euro aan energie. Met gecapitonneerde matrassen zijn deze delen van het leidingnet uitstekend te isoleren en kunt u deze isolatie eenvoudig verwijderen en terugplaatsen bij onderhoud.

Een goede isolatie van het stoomsysteem bestaat uit ten minste 10 cm steenwol met aluminium afdekplaat. Isoleren van (een vergeten deel van) het stoomsysteem verdient zich binnen een paar maanden terug, isoleren van het condensatsysteem binnen één jaar en isoleren van het warmwatersysteem binnen drie jaar.

11. Benut de energie uit condensaat en revaporisatiestoom optimaal

Met het condensaat kunt u het suppletiewater en een warmwaterboiler opwarmen. Ook kan de revaporisatiestoom van het condensaat in een kleine tank, revaporisatievat, opgevangen worden en elders worden ingezet, bijvoorbeeld bij de ontgasser, of als voorverwarming in een proces.

2.2

Perslucht

De productie en de distributie van perslucht verbruiken tot 10% van de elektrische energie in de industrie. Persluchtinstallaties zijn dikwijls niet correct ontworpen, worden niet optimaal uitgebaat of worden niet goed onderhouden. Er is een neiging om te geloven dat perslucht goedkoop is, hoewel in de compressor slechts 5 tot 10% van de verbruikte (elektrische) energie omgezet wordt in nuttige mechanische energie op de werkplaats. Bij een elektriciteitsprijs van 0,06 euro/kWh bedragen de equivalente persluchtkosten 0,6 tot 1,2 euro/kWh.

De bedrijfsvoeringskosten van een persluchtinstallatie over haar hele levensduur bedragen het veelvoudige van de initiële installatiekosten en onderhoudskosten. Over de hele levensduur bedragen de energiekosten over het algemeen 70 à 80% van de totale kosten terwijl de investerings- en onderhoudskosten respectievelijk slechts 15 à 20% en 5 à 10% bedragen.

Het doel van dit hoofdstuk is een overzicht te geven van de diverse types compressoren, de voornaamste basiskenmerken op het vlak van energieverbruik en de maatregelen die men kan nemen voor een economische en energiezuinige persluchtinstallatie. In de meeste gevallen is het mogelijk 10 tot 20 % energie te besparen.

2.2.1

Compressortypes

Een opdeling van compressoren op basis van de capaciteit (m^3/h) in het drukgebied tot 15 barg (barg = bar overdruk) toont het volgende aan:

- *zuigercompressoren* worden gebruikt voor lage capaciteiten ($< 1500 \text{ m}^3/\text{h}$) in het lage ($< 3 \text{ barg}$) en hoge ($3 \text{ à } 15 \text{ barg}$) drukgebied. Naast hun uitgebreide werkingsgebied karakteriseren zuigercompressoren zich door hun goede regelbaarheid en hun relatief laag energieverbruik.
- *1-traps- en meertraps-schroefcompressoren* worden het meest toegepast (ongeveer 80% van de compressormarkt) en zijn de meest economische oplossing voor luchtcapaciteiten tot $4300 \text{ m}^3/\text{h}$ met een minimale druk van 6 barg. Zuigercompressoren worden ook gebruikt in dit werkingsgebied als het persluchtverbruik varieert. Olievrije schroefcompressoren leveren olievrige perslucht. Olie-geïnjecteerde en olievrige schroefcompressoren kunnen met water- of luchtkoeling uitgevoerd zijn.

- de duurdere *centrifugaal-turbocompressoren* zijn vooral geschikt voor de hogere vermogens wegens hun goed rendement en goede regelbaarheid voor capaciteiten groter dan 6000 m³/h bij een druk van 3 tot 11 barg. Centrifugale compressoren produceren olievrije perslucht.

Tabel 5 geeft een overzicht van het specifiek energieverbruik van de meest courante persluchtinstallaties.

Compressortype	Volumetrische capaciteit (m ³ /h)	Specifiek energieverbruik (kWh/m ³)	Deellastgedrag
Oliegesmeerde zuigercompressor	7-90	0,142	goed
	90-900	0,118	goed
	900-3600	0,100	uitstekend
Olievrije zuigercompressor	7-90	0,153	goed
	90-900	0,130	goed
	900-3600	0,112	uitstekend
Oliegeïnjecteerde schotten/schroef (1-traps)	7-90	0,142	zwak
	90-900	0,124	matig
	900-3600	0,112	matig
Olievrije tandrotor/schroef (2-traps)	90-900	0,119	goed
	900-3600	0,106	goed
	3.600-7200	0,106	goed
Olievrije centrifugaal	90-900	0,124	goed
	900-7200	0,106	uitstekend
	> 7200	0,100	uitstekend

Tabel 5: Specifiek energieverbruik (kWh/m³) van de meest courante persluchtinstallaties (bron: VITO).

Tabel 6 geeft richtcijfers voor de jaarlijkse energiekosten van een persluchtinstallatie, inclusief het periferiemotorverbruik, in verhouding tot de benuttingsgraad (vollast-nullast-uit regeling).

Nominaal compressor-vermogen (kW)	Capaciteit (m ³ /h)	Kosten/jaar (euro) (*) bij 48 h/week (=2500 h/jaar)		Kosten/jaar (euro)(*) bij 120 h/week (=6240 h/jaar)	
		Benuttingsgraad		Benuttingsgraad	
		75%	50%	75%	50%
18	200	2250	1500	5625	3750
25	270	3075	2100	7875	5175
37,5	400	4650	3075	11.625	7725
55	600	6825	4500	16.950	11.250

Tabel 6: Richtcijfers voor de jaarlijkse energiekosten van een persluchtinstallatie (bron: VITO).

(*) uitgaande van een prijs van 0,06 euro/kWh

Een rekenvoorbeeld:

Een oliegeïnjecteerde schroefcompressor (18 kW) heeft volgende karakteristieken:

- investeringskosten: 6200 euro; annuïteitskosten: 20%
- volumetrische capaciteit: 200 m³/h; gebruiksduur: 2500 h/j
- volumetrisch luchtdebiet: 200 m³/h * 2500 h/jaar = 500.000 m³/j
- nominale druk: 7 barg
- specifiek energieverbruik: 0,124 kWh/m³
- elektriciteitsstarief: 0,1 euro/kWh
- jaarlijkse onderhoudskosten: 3% van de investeringskosten

Wat zijn de kosten van de perslucht?

- jaarlijkse energiekosten: 500.000 m³/j * 0,124 kWh/m³ * 0,1 euro/kWh = 6200 euro/j
- annuïteit: 6200 euro * 0,2/j = 1240 euro/j
- onderhoudskosten per jaar: 6200 euro * 0,03/j = 186 euro/j
- totale kosten per jaar: (6200 + 1240 + 186) euro/j = 7626 euro/j
- totale kosten per 1000 m³: 7626 euro/500.000 m³ = 15,25 eur/1000 m³

2.2.2 De regelingen van compressoren

Het regelen van een compressor is afhankelijk van het type compressor, de aandrijvende motor, het persluchtdistributienetwerk en het gewenste drukregelbereik. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een continue regeling (toerentalregeling, smoring aan de inlaat) en een intermitterende regeling (last/nulllast, uitschakeling).

In het geval van een intermitterende aan-uit-regeling wordt de compressor uitgeschakeld wanneer een maximumdrukwaarde overschreden wordt en start de compressor bij een minimale waarde. Het aantal toegestane inschakelingen wordt beperkt door de aandrijvende motor.

Meestal wordt de intermitterende vollast-nulllast-uit-regeling toegepast. De compressor blijft draaien op een constant toerental, ook nadat de drukleiding naar het distributienet is afgesloten door middel van een afsluitklep; de aanzuiglucht wordt gesmoord zodat de druk aan de compressoruitgang gelijk wordt aan de omgevingsdruk en via een bypass wordt ontlast. Als de nullastsituatie een bepaalde tijdsduur overschrijdt of indien gedurende een langere periode de compressor niet operationeel is, wordt de compressor uitgeschakeld. Bij nullast verbruikt de aandrijvende machine slechts 15 à 30% van zijn vollastvermogen. Het toepassen van een vollast-nullast-regeling is economisch verantwoord als de persluchtvaart meer dan 80% bedraagt van de nominale luchtcapaciteit.

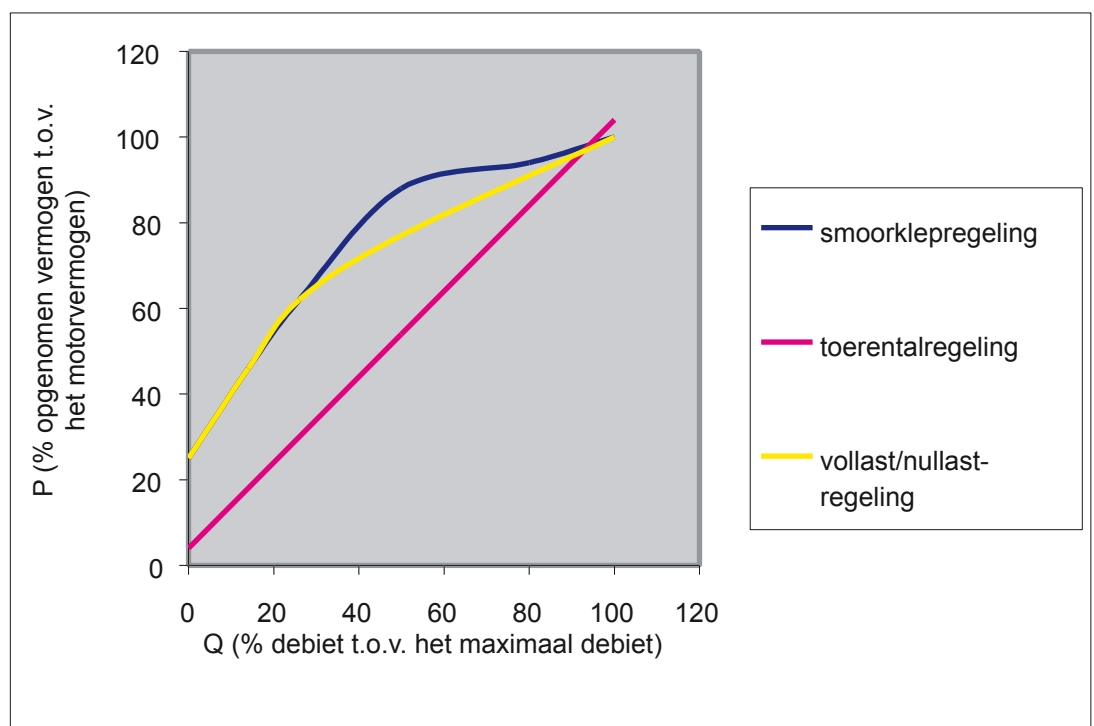
Continue regelingen maken het mogelijk om perslucht te genereren op basis van de momentane capaciteitsvraag. De meest courante regelingen zijn bypassregeling, toerentalregeling en debietregeling. Deze laatste regeling wordt vooral toegepast bij turbocompressoren.

Een bypassregeling is economisch en energetisch niet verantwoord omdat het gebruikte aandrijvende vermogen constant blijft in de tijd, zodat het specifieke energieverbruik stijgt. Deze manier van regelen komt alleen in aanmerking wanneer het gewenste luchtdebiet zeer nauwkeurig geleverd moet kunnen worden.

Op compressoren die aangedreven worden door driefasige AC-motoren, kan een continue verliesarme toerentalregeling toegepast worden met behulp van een debietregeling. Een debietregeling van de perslucht, door het toepassen van een elektronische toerentalregeling van de elektrische motor van de compressor, maakt het mogelijk om de volumetrische lucht-capaciteit te reduceren tot 15% van de nominale capaciteit in het geval van schroefcompressoren en tot 60% in het geval van centrifugaalcompressoren.

Omdat de variabele toerentalregeling continu het toerental regelt om de uitlaatdruk binnen een zeer nauwe band constant te houden, past de compressor zich zeer snel aan de momentane belastingsvraag aan, zonder onnodige verliezen als gevolg van smoring of vollast-nullast-regeling. Energiebesparingen van 10 à 40% worden gerealiseerd als de normale compressorbelasting gemiddeld 40 à 75% van het maximale vermogen bedraagt.

Als meerdere compressoren naast elkaar staan, worden ze in een cascadeconfiguratie uitgebaat, waardoor eenheden in en buiten dienst gesteld worden op basis van de capaciteitsvraag. Deze configuraties worden normaliter regeltechnisch aangestuurd door een microprocessor.



Figuur 35: Vergelijking van de verschillende regelmethode van het luchtdebiet bij oliegeïnjecteerde compressoren (bron: VITO).

Tabel 7 geeft de gemeten energiebesparing bij toerentalregeling ten opzichte van nullast-vollast-regeling voor oliegeïnjecteerde schroefcompressoren.

Benuttingsgraad [%]	Energiebesparing toerentalregeling t.o.v. vollast-nullast-regeling [%]
37	41,1
42	31,3
67	15,7

Tabel 7: Energiebesparing van toerentalregeling t.o.v. vollast-nullast-regeling voor oliegeïnjecteerde schroefcompressoren op basis van de benuttingsgraad. (bron: Electrabel, Energie besparen door een efficiënt gebruik van perslucht – De Electrabelopleidingen, 2002)

Extra voordelen van een toerentalregeling bij schroefcompressoren zijn :

- kleinere aanloopstroom;
- goede $\cos\phi$;
- bijna constante druk.

2.2.3

De behandeling van perslucht

De aanzuiglucht

Een goede uitbating van de installatie bespaart energie. De lucht wordt bijvoorbeeld aangezogen uit een koele, propere en droge ruimte buiten het gebouw. Een verlaging van de aanzuigluchttemperatuur met 6°C doet de compressoropbrengst met 2% stijgen. De koeling van de compressor is een van de meest belangrijke factoren om een bedrijfszekere en energiezuinige bedrijfsvoering te garanderen.

Filters, water- en olievangers

Het is belangrijk de juiste filters te installeren op basis van de gewenste luchtkwaliteit. Een 5 à 10 micron-voorfilter verwijdert de grovere verontreinigingen (stof). Deeltjes die ontstaan als gevolg van slijtage van compressoronderdelen of van de degeneratie van de smeeroliën, worden eveneens uitgefilterd. Bij persluchtfiltratie worden twee filtertypes toegepast: oppervlaktefilters, die werken volgens het principe van zeving en dieptefilters, die opgebouwd zijn uit een labrynt van fijne microvezels.

Voor het vangen en afscheiden van olie- en waterdruppels worden eveneens filters ingezet. De afscheiding van vloeistofdruppels wordt meestal gerealiseerd door de druppels met elkaar te laten botsen, zodat grotere druppels ontstaan die in het filterelement worden verzameld en automatisch worden afgevoerd.

Luchtdrogers

Aanzuiglucht bevat steeds waterdamp. Ten gevolge van de luchtpollutie en van de oliën die gebruikt worden voor de smering van de compressor, kan de pH van het gecondenseerde water in de tijd dalen tot 3. Dat kan aanzienlijke corrosie veroorzaken in het distributienetwerk. Om deze reden dient perslucht gedroogd te worden. Het drogen gebeurt door het inzetten van een van volgende technieken: koeldrogers, absorptiedrogers of membraandrogers.

De drukvaten

Drukvaten worden toegepast om de effecten van een wisselende persluchtvaart te reduceren, om in een tijdelijke opslag van perslucht te voorzien en om de afscheiding van onzuiverheden (bv. watercondensaat, olie, vaste deeltjes...) te ondersteunen. Afvoer van deze verontreinigingen gebeurt via automatische en handbediende aflatventielen. Het volume van het drukvat moet ten minste 10% bedragen van het nominale persluchtvolume, per minuut.

Drukvaten worden vooral ingeplant in de nabijheid van de compressor en grote persluchtverbruikers.

2.2.4 Het persluchtverdeelnet

Een configuratie die opgebouwd is uit een ringvormige hoofdcollector met een aansluitend distributienetwerk, is aanbevolen om de druk in het hele netwerk van hoofd- en secundaire leidingen in evenwicht te houden onder alle belastingsomstandigheden. De hoofdleidingen moeten zo gedimensioneerd worden dat een maximale persluchtvaart resulteert in een maximale drukval van 0,1 à 0,2 bar bij een maximale luchtsnelheid van 6 m/s. Om rekening te houden met een eventuele toekomstige uitbreiding worden de piping, kleppen, filters en andere netwerkelementen gekozen voor een dubbele nominale compressorcapaciteit.

Lekverliezen geven aanleiding tot belangrijke en onnodige kosten en verlagen het energetisch rendement van de installatie. Tabel 8 geeft de energieverliezen en bijbehorende kosten weer bij aanwezige persluchtlekken.

Diameter van de opening (mm)	Luchtlekkage bij 7 barg (m³/h)	Vermogenverlies (kW)	Kosten per jaar (*) (euro/j)
0,1	0,04	0,004	2,1
1	4,3	0,43	226
3	42	4,2	2210
5	120	12	6310
10	433	43,3	22.760

(*) Verlies per jaar (8760 bedrijfsuren) als de compressor niet afgeschakeld wordt (Elektriciteitsstarief: 0,06 euro/kWh).

Tabel 8: Verliezen ten gevolge van persluchtlekken (bron: VITO).

Vaak worden vele kleine persluchtlekken waargenomen ter hoogte van de persluchtverbruikers zoals werktuigen, transportsystemen, vouwmachines of insteekmachines. De installatie van een (elektronisch gestuurd) isolatieventiel dat afsluit wanneer de machine buiten werking is, verlaagt het persluchtverlies door lekkages beduidend. Isolatieventielen worden ook toegepast om een deel van het verdeelnet af te sluiten wanneer het machinepark deels buiten gebruik is.

2.2.5 Warmterecuperatie

Slechts 5% van de verbruikte (elektrische) compressorenergie is nodig voor de gewenste luchtdrukverhoging. De resterende 95% van de verbruikte energie komt vrij als warmte. Een warmtebalans van een schroefcompressor toont aan dat 85 à 95% van de gegenereerde warmte verwijderd wordt met behulp van koeling (water-, oliekoeling). Een aanzienlijke energiebesparing wordt gerealiseerd door een optimalisatie van de recuperatie van deze afvalwarmte. Deze warmte is meestal beschikbaar op 50° à 60°C bij een luchtgekoelde en tot op 90°C (95°C) bij een watergekoelde installatie.

Hoewel aanzienlijke energiebesparingen mogelijk zijn door gebruik te maken van de afvalwarmte, moet iedere individuele situatie vanuit een economisch standpunt geëvalueerd worden. Meestal zijn extra investeringen nodig.

Er moet op gelet worden dat onvoldoende compressorkoeling de installatie niet in gevaar brengt of resulteert in een lager compressorrendement. Een extra warmtewisselaar wordt in de koelkring (bv. olie) ingebouwd. De warmtebalans in de compressor wordt bv. geregeld door thermostatische kranen die onafhankelijk functioneren van de afvalwarmterecuperatie. Op deze wijze wordt een veilige bedrijfsvoering verzekerd onder alle omstandigheden.

2.2.6

Nuttige tips

Werkdruk

Een persluchtinstallatie moet bij de laagst mogelijke druk werken.

Het luchtverbruik van de meeste persluchtaangedreven toestellen verhoogt bij verhoogde werkdruk. Kleine verbruikers die een hogere werkdruk vereisen, moeten voorzien worden van een lokale compressor. Het effect van een werkdrukverlaging op het energieverbruik wordt aangetoond in tabel 9.

	1-traps	2-traps watergekoeld	2-traps luchtgekoeld
Werkdruk (barg)	7 6 5	7 6 5	7 6 5
Energiereductie (%)	4 9	4 11	2,6 6,5

Tabel 9: Effect van de werkdruk op het energieverbruik (bron: VITO).

Tijdens de stille uren kan de werkdruk verminderd worden door middel van een automatisch controlesysteem. De kosten worden op korte tijd gerecupereerd.

Centrale of decentrale persluchtvoorziening

Verschillende aspecten worden in rekening gebracht om een economisch verantwoorde keuze te maken. De belangrijkste vragen in de keuzebepaling hebben te maken met:

- de noodzaak van een aanpassing aan de vereiste persluchtdruk en het vereiste persluchtdebiet;
- de investeringen, uitbaatkosten en onderhoudskosten;
- de toepassing van afvalwarmterecuperatie;
- de grootte van de drukverliezen en de daarmee verbonden energie-efficiëntie: kleinere compressoren hebben een lager energie- en kostenrendement;
- de complexiteit van het controlesysteem en het energiebeheersysteem.

Onderhoud

Een goed onderhouden persluchtinstallatie heeft een gunstig effect op de bedrijfszekerheid. Het onderhoud is aangepast aan de grootte en het type van bedrijfsvoering en wordt uitgevoerd volgens een vastgelegd schema. De componenten die stroomafwaarts achter de compressor zijn geïnstalleerd (bv. nakoeler, droger, afsluitventielen ...) worden ook opgenomen in het onderhoud.

Persluchtbalans

Het opmaken van een persluchtbalans is een nuttig instrument om de energie-kosten te verminderen. Men onderscheidt vier belangrijke niveaus:

1. Bepaal de jaarlijkse persluchtkosten op basis van de nominale karakteristieken van de compressoren, de nominale vermogens van de aandrijvende motoren en het type van bedrijfsvoering (bv. vollast-nullast-uit-regeling).
2. Ga na of voor grotere persluchtinstallaties de inbouw van elektriciteits- en luchtmeter(s) opportuun is om tot exactere bedrijfsgegevens te komen.
3. Leg technische eisen vast voor de goede werking van de installatie en vergelijk het wekelijkse verbruik en de effecten van genomen maatregelen met deze eisen.
4. Maak de voornaamste parameters (bv. m³/week, kWh/week) bekend door middel van grafieken en neem de nodige acties als die zich opdringen (lekken, werkdruk, compressorbedrijfsvoering tijdens de stille uren, ...).

Energietips

- Verminder de persluchtdruk tot een minimale waarde;
- Schakel de compressor(en) uit wanneer er voor een lange periode geen vraag is naar perslucht, bijvoorbeeld 's nachts, in het weekend of tijdens vakantieperiodes;
- Controleer regelmatig op lekken. Controleer ook de persluchtaangedreven werktuigen en machines op persluchtlekken;
- Sluit niet-gebruikte delen van het verdeelnet af (zoning);
- Onderhoud en vervang indien nodig vervuilde inlaat- en nafilters;
- Gebruik automatisch werkende (aflaat-)ventielen;
- Betrek de aanzuiglucht uit een droge, koele en stofvrije omgeving;
- Inspecteer op regelmatige tijdstippen het luchtbehandelingssysteem (drogers, koelers, condensors, warmtewisselaars, veiligheidsventielen, terugschakelkleppen...);
- Behandel de lucht tot een minimale kwaliteit en installeer een passend luchtbehandelingssysteem als een speciale persluchtkwaliteit gewenst wordt;
- Installeer lokaal een passende compressor, volgens werkdruk en debiet, als de persluchtvrage van het proces sterk afwijkt van de rest van het persluchtsysteem;
- Gebruik een minimaal aantal compressoren op vollast als meerdere compressoren naast elkaar beschikbaar zijn;
- Gebruik een ventilator (blower) in plaats van een compressor voor lagedruk-toepassingen; bijvoorbeeld het beluchten van proceswater om te ontijzeren;
- Gebruik indien mogelijk elektrisch aangedreven werktuigen; die hebben 90% lagere energiekosten;
- Ga na of het drukvat en de piping juist gedimensioneerd zijn;
- Ga na of luchtvoorkoeling of warmterecuperatie toepasbaar zijn in uw bedrijf;
- Hou rekening met het werkingsrendement in het totale werkingsgebied bij de keuze van een nieuwe compressor;
- Maak gebruikers attent op de hoge kosten van perslucht;
- Ga na of een toerentalgeregelde compressor voor uw bedrijf interessant is.

2.3

Verlichting

Voldoende en comfortabel licht in de werkruimte is zeker de hoofddoelstelling bij het ontwerp van de verlichtingsinstallatie. Hierbij is het essentieel om de juiste soort, hoeveelheid en wijze van verlichting vooraf te bepalen.

Nieuwe lampsturingen (hulpapparatuur) en lichtsturingen (armaturen en reflectoren) maken het mogelijk om deze hoofddoelstelling op een rationele manier uit te voeren. In de meeste gevallen zal een verlichtingsrenovatie van de bestaande gebouwen (relighting) met minder energie toch een betere verlichting opleveren.

Enkele vaktermen:

Lichtstroom (lumen, *lm*): Maat voor de totale hoeveelheid licht die een lichtbron per seconde uitstraalt.

Verlichtingssterkte (lux, *lx*): Maat voor de hoeveelheid licht die op een vlak valt (1 lux = 1 lumen per m²).

Standaardverlichtingssterkte (lux, *lx*): De verlichtingssterkte die gedurende de uitvoering van de visuele taak te allen tijde op alle punten van het gedefinieerde werkvlak volgens NBN L13-006 minimaal aanwezig moet zijn. De verlichtingssterkte bedraagt voor de wasserij 300 lux, kantoorruimte 500 lux, gangen 50-100 lux, magazijnen en kleedkamers en toiletten 100 lux.

Verlichtingsrendement: Maat voor het rendement van een lichtinstallatie: dit is de verhouding van de lichtstroom die uit de verlichtingsapparaten treedt en de lichtstroom van de lampen.

Lampsysteemrendement of lichtrendement (lumen per Watt, *lm/W*): Maat voor de hoeveelheid licht (in lumen) die een lamp per Watt opgenomen elektrisch vermogen produceert.

Kijkhoek: Hoek met de verticaal (tussen 45° en 85°) waaronder men de verlichtingsarmaturen waarneemt.

Luminantie (candela per m², *cd/m²*): Maat voor de helderheid van het directe licht van een lichtbron, of voor de helderheid van het indirecte licht door weerkaatsing op een vlak.

Energietips

1. Daglicht kost niets.

Het is zo evident dat we er niet meer bij stilstaan: daglicht is de meest directe vorm van zonne-energie en de belangrijkste toepassing in gebouwen via ramen, lichtkoepels en lichtstraten. Een goede integratie van het daglichtgebruik in het concept van het gebouw betekent dan ook een grote besparing op de elektriciteitsrekening.

De meeste bedrijfsactiviteiten vinden overdag plaats en daglicht is er dan meestal voldoende. Maar daglicht heeft een erg wisselend karakter: het aanbod kan verschillen van het ene moment tot het andere en hangt af van het seizoen.

Een correcte afstemming van de kunstverlichting op het wisselend aanbod van daglicht is dus vereist.

2. Vervang gloeilampen door spaarlampen (compacte fluorescentielampen).

De energiebesparing door vervanging van gloeilampen door spaarlampen kan oplopen tot 80%. Bovendien dalen de onderhoudskosten aanzienlijk door de tien keer langere levensduur. Spaarlampen hebben een veel hoger lichtrendement (60-70 lm/W) dan gloei- en halogeenvlampen (10-25 lm/W).

3. Vervang dikke fluorescentielampen (tl-lampen) door dunne.

Plaats waar nodig fluorescentielampen. Fluorescentielampen hebben een hoog lichtrendement (80-105 lm/W) en een lange levensduur (tot 16.000 h), wat leidt tot lagere onderhoudskosten.

Fluorescentielampen van een oude generatie leveren meestal wit licht met een slechte kleurweergave en laag lichtrendement. De fluorescentielampen van de nieuwe generatie hebben niet alleen een betere kleurweergave, ze maken het ook mogelijk om een gepaste lichtkleur te gebruiken.

Door vervanging van dikke fluorescentielampen (Ø38 mm) door de laatste generatie fluorescentielampen (Ø16 of 26 mm, 90-105 lm/W) wordt 10 tot 25% energie bespaard (eigenverbruik van de lamp). Het lichtverval van deze lampen op het einde van de levensduur bedraagt slechts 5% in plaats van 30%. Hierdoor moet men minder lampen opstellen om aan het einde van de levensduur nog de vereiste lichtsterkte te halen. Bovendien hebben deze lampen een veel hoger lichtrendement (90-105 lm/W in plaats van 50-60 lm/W).

4. Gebruik efficiënte spiegelreflectoren met een hoog rendement.

Nieuwe technologische ontwikkelingen van spiegeloptieken hebben het mogelijk gemaakt dat het lichtrendement van de verlichtingsarmaturen van 40% tot meer dan 70% steeg.

Bovendien biedt het gebruik van efficiënte spiegels (lamellenrasters) een comfortabele verlichting met minder verblindingsgevaar door de hogere luminantie van de lichtbronnen.

Door toepassing van moderne spiegeloptiekarmaturen, ter vervanging van opalen en prismakappen en witte lamellenrasters, kan dezelfde verlichtingssterkte en een betere lichtspreiding verkregen worden met veel minder lampen.

Wanneer lampen zonder spiegeloptiek (vrijstralend), zoals bij lichtstrips en -balken worden gebruikt, verlicht een groot deel van het licht onnodig het plafond en de muren.

Oude generaties van lichtarmaturen zijn veelal weinig efficiënt. Algemeen kan men stellen dat verlichtingstoestellen die ouder zijn dan 10 à 15 jaar veelal vergeelde, weinig efficiënte of geen spiegeloptieken bevatten. Ze komen meestal in aanmerking voor een rendabele relighting-ingreep.

5. Vervang bij tl-verlichting de klassieke voorschakelapparatuur door elektronische apparatuur.

Hoogfrequente elektronische voorschakelapparaten (EVSA) verbruiken voor hun werking tot 60% minder energie dan conventionele voorschakelapparaten (CVSA = starter en ballast). De hogere investeringskosten worden ruimschoots gecompenseerd door de veel lagere exploitatiekosten. Zo zorgt EVSA dat de fluorescentielampen tot 13% minder vermogen opnemen. Globaal bespaart tl-verlichting met EVA tot 27% energie ten opzichte van tl-verlichting met CVA.

Naast deze belangrijke energiewinst wordt de levensduur van de lampen nagenoeg verdubbeld. Dat resulteert op zijn beurt in lagere onderhoudskosten bij vervanging en verwijdering. Daarnaast zorgen ze voor een hoger comfort van de verlichtingsinstallatie:

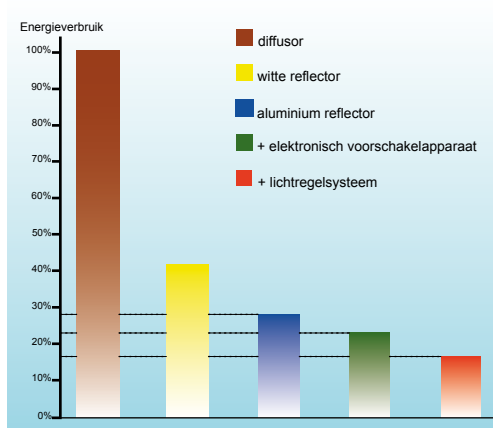
- vlotte ontsteking zonder flikkering;
- minder warmteontwikkeling;
- langere levensduur van de lampen (x 2);
- een kleinere afname van de lichtstroom gedurende de veroudering van de lamp (5% ipv 30%);
- stabiel licht zonder stroboscopische effecten (20 tot 60 kHz in plaats van 50 Hz);
- automatische uitschakeling van de lamp bij het einde van de levensduur;
- geen geluidshinder;
- dimming mogelijk en dus extra besparing;
- zeer goede cos phi (nagenoeg 1).

6. Pas waar nuttig een lichtregeling toe.

Een goed lichtregelsysteem kan in vele gevallen bijdragen tot een belangrijke verhoging van het gebruikscomfort. Belangrijk zijn de extra energiebesparingen die hierdoor gerealiseerd worden. Ze maken in vele gevallen de meerinvestering voor dergelijk lichtregelsysteem aanvaardbaar.

Onder een lichtregelsysteem bij wasserijen begrijpen we voornamelijk:

- dimsystemen: handmatig, semi-automatisch of automatisch met daglichtmeetcel;
- armaturen met ingebouwde schemerschakelaar die de lamp aanschakelt, zodra het invallend daglicht onder een vereiste verlichtingssterkte daalt;
- tijdsgeschakelde lichtregeling door schakelklokken;
- aanwezigheidsgeschakelde lichtregeling door bewegings- of IR-detectie.



Figuur 36: Lamptypes op basis van lichtstroom (lm) en lampstelsysteemrendement (lm/W) (bron: GOM West-Vlaanderen).

7. Vervang defecte lampen.

Conventionele verlichting met defecte lampen is zeer dikwijls een grotere verbruiker dan verlichting met correct brandende lampen. Het is aan te bevelen defecte lampen spoedig te vervangen.

8. Plaatsen doorgangsverlichting.

In de stookruimte van wasserijen bestaat de mogelijkheid dat de verlichting blijft branden terwijl niemand in de ruimte aanwezig is. Hier kan de verlichting opgesplitst worden in een doorgangsverlichting en de overige verlichting.

Extra tips

1. Het opstarten van tl-verlichting kost extra stroom maar het is toch zuiniger als u de tl-lampen dooft als u langer dan 3 minuten afwezig bent.
2. Regelmatig onderhoud van de verlichtingsarmaturen (verwijderen van stof en vuil), muren, plafonds, vloeren en ramen behoudt het lichtrendement en de verlichtingssterkte.
3. Gebruik kwik- en natriumgasontladinglampen voor buitenverlichting.
4. Aan de verlichting van grote oppervlaktes zoals gebouwen, terreinen en parkings worden lagere eisen aan de lichtkwaliteit gesteld. Witte metaalhalogenidelampen (70-90 lm/W) (hogedrukkwikdamlampen) en oranje-gele lage en hogedruk natriumlampen (tot 200 lm/W) hebben een veel hoger lichtrendement dan de traditionele halogeenstralers (25 lm/W).
5. Plaatselijke buitenverlichting en lichtbakken voor paden kunnen het best uitgerust worden met spaarlampen en/of tl-verlichting met EVSA.

3

STEUNMAATREGELEN

In dit hoofdstuk worden de verschillende vormen van subsidie voor energiebesparende investeringen bondig toegelicht.

Er zijn subsidies op 3 niveaus, namelijk het federale niveau met de verhoogde investeringsaftrek, het Vlaamse niveau met de ecologiepremie en het lokale niveau met de REG-premies van de elektriciteitsdistributienetbeheerders, de vroegere intercommunales voor elektriciteit.

In dit hoofdstuk worden deze mogelijkheden een voor een kort besproken.

3.1

VERHOOGDE INVESTERINGS-AFTREK VOOR ENERGIE-BESPARENDE INVESTERINGEN

Artikel 69 van het Wetboek der Inkomstenbelastingen (WIB) biedt bedrijven de mogelijkheid hun belastbare winst te verminderen met een verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen.

De aftrek wordt verricht op de winst van het belastbaar tijdperk tijdens hetwelk de vaste activa verkregen zijn of tot stand gebracht zijn.

Voor de energiebesparende investeringen, gedaan tijdens het belastbaar tijdperk dat aan het aanslagjaar 2010 is verbonden, is er een verhoogde aftrek van 15,5 %.

Om van deze verhoogde investeringsaftrek te genieten, moet u de volgende formaliteiten vervullen. Bij uw aangifte van de inkomstenbelastingen moet u:

- een ingevuld, gedateerd en ondertekend formulier nr. 276 U voegen. Dit formulier is te verkrijgen bij de taxatiedienst van de Administratie van de ondernemings- en inkomensfiscaliteit - sector directe belastingen van uw streek);
- per categorie van vaste activa, een opgave die voor elk activum vermeldt:
 - de datum van de aanschaffing of van de totstandkoming;
 - de juiste benaming;
 - de aanschaffings- of beleggingswaarde;
 - de normale gebruiksduur en de afschrijvingsduur.

In het geval van energiebesparende investeringen moet u nog het attest toevoegen dat voor energiebesparende investeringen wordt uitgereikt. Dat attest moet u opvragen bij de volgende instantie:

Vlaams Energieagentschap
Koning Albert II-laan 20 bus 17
1000 Brussel
Tel.: 02-553 46 00
Fax: 02-553 46 01
Contact: Frank Van Droogenbroeck
frank.vandroogenbroeck@vea.be

3.2

ECOLOGIEPREMIE

Raadpleeg de website www.vlaanderen.be/ecologiepremie voor de voorwaarden en de aanvraagprocedure.

3.3

REG-PREMIES VAN UW ELEKTRICITEITSDISTRIBUTIENETB

Sedert 2003 zijn de Vlaamse elektriciteitsdistributienetbeheerders (de vroegere intercommunales voor elektriciteit) verplicht om een aantal energiebesparende maatregelen financieel te ondersteunen. Iedere netbeheerder mag zelf kiezen welke acties hij wenst uit te voeren. Daardoor kunnen de netbeheerders eigen accenten leggen. Voor een volledig overzicht van alle premies, raadpleeg www.energiesparen.be/subsidies.

Alle premies moeten rechtstreeks bij de netbeheerder worden aangevraagd. Uw netbeheerder kan u eveneens de precieze voorwaarden meedelen waaraan u moet voldoen om in aanmerking te komen voor de premie.

4

4.1

Milieuvergunning

Algemeen

Wasserijen worden, net als alle andere economische activiteiten, beschouwd als hinderlijke inrichtingen en zijn als gevolg daarvan onderworpen aan de verplichting om over een milieuvergunning te beschikken.

De vergunningsreglementering in Vlaanderen omvat het Milieuvergunningsdecreet met zijn uitvoeringsbesluiten VLAREM I en VLAREM II.

Het decreet legt de algemene principes van de vergunningsplicht vast. VLAREM I omvat een lijst van hinderlijke inrichtingen en beschrijft de procedures die gevolgd moeten worden om een milieuvergunning te verkrijgen. VLAREM II is een bundeling van de algemene en sectorale voorwaarden

Een belangrijk principe in de Vlaamse milieureglementering is de koppeling tussen de milieu- en de bouwvergunning. Zolang men geen milieuvergunning verkregen heeft, blijft de bouwvergunning geschorst en mogen de bouwwerkzaamheden niet starten. Dit principe geldt ook omgekeerd: als men eerst de milieuvergunning gekregen heeft, moet men wachten op de bouwvergunning alvorens de exploitatie te mogen opstarten.

Afhankelijk van de aard en de grootte van de eventuele milieuhinder worden de hinderlijke inrichtingen ingedeeld in drie klassen (tabel 14). De klasse-indeling bepaalt ook de te volgen procedure en de overheid die in eerste aanleg bevoegd is.

Klasse	Plicht	Bevoegde overheid (1 ^e aanleg)
Klasse 1	Vergunningsplicht	Provincie
Klasse 2	Vergunningsplicht	Gemeente
Klasse 3	Meldingsplicht	Gemeente

Tabel 14: Klasse-indeling in VLAREM I.

Wanneer een hinderlijke inrichting onder de toepassing valt van verschillende indelingsrubrieken die tot verschillende klassen behoren, geldt voor deze inrichting de procedure van de zwaarste klasse. Daarbij is klasse 1 zwaarder dan klasse 2 en klasse 2 zwaarder dan klasse 3.

Zodra een bedrijf een milieuvergunning verkregen heeft, koppelt de bevoegde overheid voorwaarden aan de exploitatie. Voor een groot stuk komen deze vergunningsvoorwaarden uit VLAREM II, dat een bundeling is van de algemene (geldend voor iedereen) en de sectorale voorwaarden (geldend voor een bepaalde categorie van bedrijven). Daarnaast kan de bevoegde overheid nog bijzondere voorwaarden opleggen in de milieuvergunning, die specifiek zijn voor het bedrijf in kwestie.

De vergunningsvoorwaarden zijn meestal lozingsnormen, emissiegrenswaarden, afstandsregels en meet- en keuringsverplichtingen. Ook verplicht op te stellen verslagen en rapporteringen kunnen aan bod komen.

Een milieuvergunning kan toegekend worden voor een termijn van maximaal 20 jaar. Om bepaalde redenen kan de bevoegde overheid ervoor kiezen om een bepaalde vergunning voor een kortere termijn toe te kennen.

4.2 Milieuvergunningsplichtige energie-installaties in de waterijsector

4.2.1 Relevante indelingsrubrieken uit VLAREM I

Hierna wordt een overzicht gegeven van een aantal indelingsrubrieken uit VLAREM I die betrekking hebben op de energievoorziening in een waterrij. We zullen ons beperken tot de rubriek en de indeling in klassen.

Er kunnen zeker ook nog andere rubrieken van toepassing zijn in een waterrij. Maar aangezien deze rubrieken geen betrekking hebben op de energievoorziening, komen ze hier niet aan bod. We denken hierbij aan het lozen van afvalwater (rubriek 3), de waterrij-activiteit zelf (rubriek 46) en het oppompen van grondwater (rubriek 53).

Rubriek 12: Elektriciteit

12.1 Elektriciteitsproductie (bv. alternator)

Inrichtingen met een geïnstalleerd totaal elektrisch vermogen van:

1° 100 kW tot en met 10.000 kW	klasse 2
2° meer dan 10.000 kW	klasse 1

12.2 Transformatoren

Gebruik van transformatoren met een individueel nominaal vermogen van:

1° 100 kVA tot en met 1000 kVA	klasse 3
2° meer dan 1000 kVA	klasse 2

12.3 Accumulatoren (gebruik van)

12.3.1 Vast opgestelde batterijen waarvan het product van het vermogen, uitgedrukt in Ah, met de klemspanning, uitgedrukt in V, - meer bedraagt dan 10.000 klasse 2

12.3.2 Vaste inrichtingen voor het laden van accumulatoren door middel van toestellen met een geïnstalleerd totaalvermogen van - meer dan 10 kW klasse 2

Rubriek 16: Gassen

16.3 Inrichtingen voor het fysisch behandelen van gassen (samenpersen - ontspannen)

16.3.1 Koelinstallaties voor het bewaren van producten, lucht-compressoren en air-conditioning-installaties, met een totale geïnstalleerde drijfkracht van:

1° 5 kW tot en met 200 kW	klasse 3
2° meer dan 200 kW	klasse 2

16.8 Opslagplaatsen voor samengeperste, vloeibaar gemaakte of in oplossing gehouden gassen, in vaste reservoirs, uitgezonderd die van drukvaten die deel uitmaken van compressoren en uitgezonderd buffervaten, met een gezamenlijk waterinhaltsvermogen:

1° tot en met 3000 liter	klasse 3
2° van meer dan 3000 liter tot en met 10.000 liter	klasse 2
3° van meer dan 10.000 liter	klasse 1

Rubriek 17: Gevaarlijke producten

Onder de subrubriek 17.3 valt o.a. de opslag van vloeibare brandstoffen. Voor de indeling van de vloeibare brandstoffen wordt rekening gehouden met het vlampunt. Benzine hoort bij de zogenaamde P1-producten (vlampunt lager dan 21°C) en mazout bij de P3-producten (vlampunt hoger dan 55°C en lager dan 100°C). Alleen deze twee brandstoffen worden hier vermeld.

17.3.4 Opslagplaatsen voor zeer licht ontvlambare en licht ontvlambare vloeistoffen met een totaal inhoudsvermogen van:

1° 50 liter tot en met 500 liter	klasse 3
2° meer dan 500 liter tot en met 30.000 liter	klasse 2
3° meer dan 30.000 liter	klasse 1

17.3.6 Opslagplaatsen voor vloeistoffen met een vlampunt hoger dan 55°C, maar dat 100°C niet overtreft, met een totaal inhoudsvermogen van:

1°a) 5000 liter tot en met 20.000 liter als de inrichting behoort bij de woonfunctie van een onroerend goed dat hoofdzakelijk als woongegelegenheid wordt gebruikt	klasse 3
b) 100 liter tot en met 20.000 liter, niet behorend bij een woonfunctie	klasse 3
2° meer dan 20.000 liter tot en met 500.000 liter	klasse 2
3° meer dan 500.000 liter	klasse 1

Rubriek 31: Motoren (machines) met inwendige verbranding

31.1 Vast opgestelde motoren met een nominaal vermogen van (bv. dieselgroep):

1° 10 kW tot en met 500 kW	klasse 2
2° meer dan 500 kW	klasse 1

Rubriek 39: Stoomtoestellen en warm watertoestellen (vastgeplaatste)

39.1 Stoomgeneratoren, andere dan lagedrukstoomgeneratoren, met een waterinhoud van:

1° 25 liter tot en met 500 liter	klasse 3
2° meer dan 500 liter tot en met 5000 liter	klasse 2
3° meer dan 5000 liter	klasse 1

39.2 Stoomvaten, met inbegrip van warmtewisselaars waarvan de primaire ruimte als stoomvat wordt beschouwd, met een waterinhoud van:	
1° 300 liter tot en met 5.000 liter	klasse 3
2° meer dan 5.000 liter	klasse 2

Rubriek 43: Verbrandingsinrichtingen

Deze rubriek is van toepassing als er geen afvalstoffen verbrand worden.

43.1 Verbrandingsinrichtingen zonder elektriciteitsproductie (stookinstallaties e.d.) met een warmtevermogen van:	
1° 300 kW tot en met 500 kW	klasse 3
2° meer dan 500 kW tot en met 5000 kW	klasse 2
3° meer dan 5000 kW	klasse 1

43.2 Verbrandingsinrichtingen met elektriciteitsproductie (thermische centrales) met een warmtevermogen van:	
1° 300 kW tot en met 5000 kW	klasse 2
2° meer dan 5000 kW	klasse 1

4.2.2

Vergunningsvoorwaarden uit VLAREM II

Voor elk van de hierboven vermelde hinderlijke inrichtingen zijn er algemene en sectorale voorwaarden opgenomen in VLAREM II. Het valt buiten het bestek van deze brochure om al deze voorwaarden uitvoerig te bespreken.

Hierna worden, per hierboven vermelde rubriek van de indelingslijst, de betreffende hoofdstukken van VLAREM II opgesomd en worden een aantal trefwoorden vermeld waar u rekening mee moet houden.

Rubriek 12: Elektriciteit

Hoofdstuk 5.12 van VLAREM II.

Trefwoorden: PCB's (transformatoren), aparte ruimte (accumulatoren).

Rubriek 16: Gassen

Afdeling 5.16.3 van VLAREM II (installaties voor het fysisch behandelen van gassen)

Trefwoorden: keuringen drukvaten.

Afdeling 5.16.6 van VLAREM II (opslagplaatsen voor samengeperste, vloeibaar gemaakte of in oplossing gehouden gassen, in vaste reservoirs)

Trefwoorden: afstandsregels, compartimentering opslagplaatsen, keuringen en periodieke onderzoeken.

Rubriek 17: Gevaarlijke producten

Hoofdstuk 17 van VLAREM II.

Trefwoorden: afstandsregels, compartimentering opslagplaatsen, keuringen en periodieke onderzoeken, milieuvorzieningen opslagtanks (overvulbeveiliging, permanente lekdetectie, kathodische bescherming).

Rubriek 31: Motoren (machines) met inwendige verbranding

Hoofdstuk 5.31 van VLAREM II.

Trefwoorden: emissiegrenswaarden, meetverplichtingen.

Rubriek 39: Stoomtoestellen en warm watertoestellen (vastgeplaatste)

Hoofdstuk 5.39 van VLAREM II.

Trefwoorden: keuringen.

Rubriek 43: Verbrandingsinrichtingen

Hoofdstuk 5.43 van VLAREM II.

Trefwoorden: onderscheid bestaande/nieuwe installatie, emissiegrenswaarden, meetverplichtingen, zelfcontrolemeetprogramma.

Voor meer informatie over VLAREM I verwijzen we naar de Vlaamse Navigator Milieuwetgeving: www.mina.vlaanderen.be, thema "Regelgeving"

4.2.3 Continue milieuzorg

De (milieu)zorg voor uw installaties eindigt niet bij het verkrijgen van de milieuvergunning.

Ook tijdens de verdere levensloop van de installatie blijven een permanente zorg, controle en rapportering noodzakelijk. Even belangrijke principes die hierbij gehanteerd worden, zijn het zorgvuldigheidsbeginsel en het principe van de goede huisvader.

Het is duidelijk dat bij iedere stap bedachtzaam te werk gegaan moet worden. Het valt aan te raden u te laten bijstaan door terzake bevoegde deskundigen.

5

5.1

Nuttige adressen en links

Adressen

Vlaams Energieagentschap

Koning Albert II-laan 20 bus 17

1000 Brussel

Tel: 1700

E-mail: energie@vlaanderen.be

Website: www.energiesparen.be (zie 5.2)

Agentschap ondernemen

Het Agentschap Ondernemen biedt concreet energie-advies-, en begeleiding en REG- projecten aan.

website: www.vlao.be

Organisatie voor duurzame energie (ODE)-Vlaanderen vzw

Ode-Vlaanderen werkt met de steun van de Vlaamse overheid als centrale informatieverstrekker over duurzame energie. Het is een koepelvereniging van een brede groep instellingen, vzw's en individuele leden.

ODE-Vlaanderen

Koningsstraat 35

1000 Brussel

Tel: 02-218 87 47

E-mail: info@ode.be

Website: www.ode.be

Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO)

VITO is een onafhankelijk onderzoekscentrum en knooppunt van kennis waar de nieuwste technologieën en praktische toepassingen elkaar kruisen.

VITO voert klantgericht contractonderzoek uit en ontwikkelt innovatieve producten en processen in de domeinen energie, leefmilieu en materialen, zowel voor de overheid als voor het bedrijfsleven. In alle projecten staan het vrijwaren van het leefmilieu en het bevorderen van het duurzaam gebruik van energie en grondstoffen centraal.

VITO's missie is dan ook als volgt: VITO is een onderzoeksinstelling die ten behoeve van overheid, industrie en KMO's duurzame technologische ontwikkeling stimuleert met gespecialiseerde diensten en met hoogwaardig R&D in de domeinen energie, leefmilieu en materialen.

VITO

Boeretang 200

2400 Mol

Tel: 014-33 55 11

Fax: 014-33 55 99

E-mail: vito@vito.be

Website: www.vito.be

Cogen Vlaanderen vzw

Cogen Vlaanderen zorgt, met steun van de Vlaamse overheid, voor de promotie van warmtekrachtkoppeling in Vlaanderen. Cogen Vlaanderen participeert ook in concrete haalbaarheidsstudies en bij eventuele uitvoering worden de projecten gevolgd. De prioriteit gaat uit naar projecten met grote primaire energiebesparing.

COGEN Vlaanderen vzw

Kantoor "de Dijlemolens"
Zwarte Zustersstraat 16 bus 9
3000 Leuven
Tel: 016-58 59 97
Fax: 016-62 18 91
E-mail: info@cogenvlaanderen.be
Website: www.cogenvlaanderen.be

5.2 Links

www.fbt-online.be

Dankzij de steun van het IWT heeft FBT een innovatiecel die de sector van de wasserijen en stomerijbedrijven helpt bij het zoeken naar technische kleinschalige aanpassingen of totaaloplossingen voor grote of minder grote problemen. Daarbij wordt telkens de klemtoon gelegd op het innovatieve karakter van de geboden adviezen van de FBT-innovatiecel.

Het is de bedoeling om van deze website een plaats te maken waar u een oplossing - of althans de aanzet daartoe - vindt voor al uw technische en technologische problemen.

Een belangrijk deel van de informatie op deze site gaat dan ook over techniek en technologie. Dit thema wordt opgesplitst in een rubriek wasserij en een rubriek stomerij. Hierbij komen aan bod: waszwierders, wasstraten, mangels, PER- en KWS-machines en de opslag van gevaarlijke producten.

De thema's energie en water zijn daar, wat de wasserijsector betreft, voor een stuk aan gekoppeld maar aangezien dit twee belangrijke en uitgebreide thema's zijn, staan ze in een apart hoofdstuk.

Wasserij- en stomerijbedrijven leven in een economische realiteit en moeten daarin zien te overleven. Aangezien subsidies ook deel uitmaken van deze economische realiteit, worden de verschillende mogelijkheden toegelicht in een apart hoofdstuk.

De FBT-innovatiecel organiseert op regelmatige tijdstippen workshops. De thema's en de data worden ook aangekondigd via de website.

Op deze website kunt u ook alle publicaties van de FBT-innovatiecel nalezen en downloaden. We denken hierbij aan artikels uit Textielverzorging en CTR Actualiteit en aan de Nieuwsbrieven van de FBT-innovatiecel.

Tot slot wil de FBT-innovatiecel ook kort op de bal spelen. Vandaar dat u onder het hoofdstuk Actualiteit recente acties, nieuwtjes en persmededelingen kunt lezen.

www.milieuwinst.be

"Milieu & Winst" is gegroeid uit een samenwerking tussen Vlaanderen en Nederland, waarbij gebruik gemaakt wordt van een gemeenschappelijke databank van opties (preventiemaatregelen) en cases (praktijkvoorbeelden), die toegankelijk gemaakt worden via onafhankelijke sites: een aan Vlaamse kant (milieuwinst.be) en een aan Nederlandse kant (milieuwinst.nl).

In Vlaanderen wordt de site gefinancierd door OVAM en, in samenwerking met het Steunpunt Informatiecentrum voor Preventie van afval en emissies, kortweg STIP, inhoudelijk beheerd. De informatica-technische ondersteuning van de gezamenlijke site is in handen van VITO/EMIS.

Sinds 2000 biedt het milieuwinstproject permanent informatie over de praktische toepassing van preventiemaatregelen in het Nederlandse taalgebied. Momenteel is er voor 13 sectoren informatie beschikbaar. Helaas is de wasserijsector hier niet bij. Maar ook als een bedrijf nog niet tot een van die 13 sectoren behoort, valt er heel wat te halen op de site, want veel opties zijn sectoroverschrijdend en staan gerangschikt onder "Algemeen".

De site draagt ideeën aan om milieuverbeteringen, energie- en waterbesparing in bedrijven en organisaties tot stand te brengen, en veel van die ideeën leveren ook nog eens geld op. De informatie is dus nuttig voor milieucoördinatoren van bedrijven, maar ook voor vergunningverleners, adviseurs en studenten.

De "Milieu & Winst"-site is vrij toegankelijk en het wordt zelfs zeer op prijs gesteld dat de gepresenteerde informatie zo veel mogelijk verspreid wordt. Om dit gemakkelijker te maken is bij OPTIES de mogelijkheid "stuur deze optie door" toegevoegd. Aarzel dus niet om de informatie te printen, te kopiëren, door te sturen of te publiceren! Het enige wat men vraagt is of u de bron wilt vermelden.

www.stimular.nl

Stichting Stimular is in 1990 opgericht door het bedrijfsleven en de overheden in de Rotterdamse regio. De eerste tien jaar heeft Stimular het midden- en kleinbedrijf (MKB = de Nederlandse term voor KMO's) gestimuleerd op het gebied van afval- en emissiepreventie, energiebesparing en milieuzorg. Vanaf 2000 heeft Stimular zijn werkerterrein uitgebreid met Duurzaam Ondernemen bij het MKB.

De activiteiten van Stimular kunnen als volgt omschreven worden:

- ontwikkelen van nieuwe instrumenten voor Duurzaam Ondernemen in het MKB;
- bedrijven adviseren om afval en emissies te voorkomen en energie te besparen en te werken aan Duurzaam Ondernemen in de bedrijfsvoering;
- begeleiden van bedrijven bij de implementatie van het advies;
- ondersteunen van gemeenten bij het ontwikkelen van een milieubeleid voor bedrijven en bij het invoeren van Gemeentelijke Interne Milieuzorg (GIM);
- kennis verspreiden door publicaties, cursussen en lezingen.

Op de website van Stimular zijn de producten, projecten en publicaties terug te vinden. Wat interessant is, zijn de Preventie Factsheets die per sector opgesteld zijn (in de rubriek "Publicaties" op de website). Er is er ook een voor de natwasserijen. In die Factsheet staan 28 preventietips om de milieubelasting te verminderen en tevens te besparen op milieukosten in de natwasserij.

www.emis.vito.be

EMIS, het Energie- en Milieu InformatieSysteem voor het Vlaamse Gewest, is een project van de Vlaamse overheid, uitgevoerd door de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO).

EMIS verzamelt en verwerkt een breed spectrum aan informatie over energie en milieu. In het bijzonder staat op de website onafhankelijke, accurate, betrouwbare en actuele informatie centraal, binnen de vier pijlers:

- energiecijfers;
- bedrijvengids - evenementen - vacatures;
- milieutechnologie;
- wetgeving.

Een ander project van de Vlaamse overheid die door VITO wordt uitgevoerd, is het BBT-kenniscentrum. Dit kenniscentrum inventariseert informatie in verband met milieuvriendelijke technieken, evalueert per bedrijfstak de Beste Beschikbare Technieken (BBT) en formuleert aanbevelingen voor de Vlaamse overheid en bedrijven. Momenteel zijn er 24 BBT-studies beschikbaar op de EMIS-website, waaronder een over wasserijen. De BBT-studies kunnen geraadpleegd en gedownload worden.

www.energiesparen.be

Deze website wordt uitgebouwd door het Vlaams Energieagentschap van het ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.

Er wordt een toelichting gegeven over het energiebeleid in Vlaanderen: Rationeel energiegebruik, hernieuwbare energie, warmtekrachtkoppeling, elektrische leidingen, het Vlaams klimaatbeleidsplan en de beleidsnota van de Vlaamse minister van Energie.

Er is ook een overzicht van allerlei subsidiemogelijkheden voor energiebesparende investeringen. Specifiek voor bedrijven wordt melding gemaakt van de Vlaamse ecologiesteun en steun voor demonstratieprojecten van energietechnologieën. Ook de federale verhoogde investeringsaftrek voor energiebesparende investeringen wordt toegelicht. Daarnaast zijn ook de premies van de netbeheerders opgenomen.

Op de website zijn ook heel wat energiebesparende tips te vinden, maar die zijn eerder naar de huishoudens gericht.

6

Begrippen en eenheden

Energie en vermogen

Warmte is een vorm van energie. De eenheid van energie is volgens het *Système Internationale d'Unités* (kortweg SI-systeem) de joule met als symbool J. De hoeveelheid energie in 1 J is echter zeer klein. Vandaar dat in de praktijk heel vaak gewerkt wordt met de volgende veelvouden:

- kilojoule: 1 kJ = 1000 J
- Megajoule: 1 MJ = 1.000.000 J
- Gigajoule: 1 GJ = 1.000.000.000 J

De vroeger algemeen gangbare eenheid van energie (althans in de verwarmingstechniek) was de calorie, met als symbool cal. Ook hier werd vaak het veelvoud, namelijk de kilocalorie met als symbool kcal gebruikt. Hierbij geldt opnieuw:

$$1 \text{ kcal} = 1000 \text{ cal} (= 1 \text{ Kal})$$

Oude en nieuwe eenheden kunnen eenvoudig als volgt omgerekend worden:

$$1 \text{ cal} = 4,187 \text{ J} \text{ of } 1 \text{ kcal} = 4,187 \text{ kJ} = 4187 \text{ J}$$

Als men een energie in kcal heeft en men wil die omrekenen naar kJ, dan vermenigvuldigt u met 4,187.

In veel gevallen is men niet zozeer geïnteresseerd in de hoeveelheid energie, maar wel in de hoeveelheid energie die in een gegeven tijd verbruikt wordt. In dat geval spreekt men van het vermogen. Volgens het SI-systeem is de eenheid van vermogen de watt met als symbool W. Hierbij stemt de watt overeen met een energieverbruik van 1 joule in 1 seconde (s) of in formulevorm:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$$

Ook hier wordt in de praktijk heel vaak gewerkt met veelvouden, namelijk:

- kilowatt: 1 kW = 1000 W
- Megawatt: 1 MW = 1.000.000 W
- Gigawatt: 1 GW = 1.000.000.000 W

Vroeger werd vermogen meestal uitgedrukt in kilocalorie per uur (kcal/h). Voor de omrekening geldt:

$$1 \text{ kcal/h} = 4187 \text{ J} / 3600 \text{ s} = 1,163 \text{ W}$$

Om een vermogen uitgedrukt in kcal/h om te rekenen naar W, vermenigvuldigt u het getal met 1,163.

In het geval van elektrisch verbruik wordt vaak de eenheid kWh (kilowattuur) gebruikt, maar ook in de verwarmingstechniek komt die voor. Hoewel hierin de watt voorkomt, is de kWh geen eenheid van vermogen, maar wel van energie, namelijk de hoeveelheid energie die verkregen wordt door de aanwending van een vermogen van 1 W gedurende een volledig uur. Hieruit volgt dan:

$$1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \times 1 \text{ h} = 1000 \text{ W} \times 3600 \text{ s} = 3.600.000 \text{ Ws} = 3,6 \text{ MJ}$$

Decimale voorvoegsels volgens SI

naam	symbool	Waarde	naam	symbool	waarde
peta	P	10^{15}	deci	d	10^{-1}
tera	T	10^{12}	centi	c	10^{-2}
giga	G	10^9	milli	m	10^{-3}
mega	M	10^6	micro	μ	10^{-6}
kilo	k	10^3	nano	n	10^{-9}
hecto	h	10^2	pico	p	10^{-12}
deca	da	10^1	femto	f	10^{-15}

Tabel 15: Decimale voorvoegsels volgens SI.

Verbrandingswarmte en stookwaarde

De verbrandingswarmte is de totale hoeveelheid warmte die rookgassen kunnen afgeven bij afkoeling tot omgevingstemperatuur. Hierbij condenseert ook de gevormde waterdamp.

De maximale warmte-inhoud van een brandstof noemen we de verbrandingswarmte of de bovenste verbrandingswaarde (Hb). Als de condensatiewarmte van de totale warmte wordt afgetrokken, spreken we over de stookwaarde of de onderste verbrandingswaarde (Ho) van de brandstof.

De verbrandingswarmte is afhankelijk van de chemische samenstelling van de brandstof. In tabel 16 zijn de onderste en bovenste verbrandingswaarde van verschillende brandstoffen vermeld.

Brandstof	Verbrandingswarmte of bovenste verbrandings- waarde (Hb)	Stookwaarde of onderste verbrandings- waarde (Ho)
Gasolie voor verwarming	45.588 kJ/kg 38.309 kJ/l	42.850 kJ/kg 36.000 kJ/l
Extra zware stookolie	42.601 kJ/kg 37.061 kJ/l	40.604 kJ/kg 35.332 kJ/l
Elektriciteit	-	3600 kJ/kWh
Aardgas (Slochteren)	35.169 kJ/Nm ³	31.722 kJ/Nm ³ 30.145 kJ/m ³ bij ca. 12°C en 25 mbar
Aardgas (Rijk gas – Noordzee, Algerije)	43.000 kJ/Nm ³	38.786 kJ/Nm ³ 37.689 kJ/m ³ bij ca. 12°C en 25 mbar

Tabel 16: Verbrandingswarmte en stookwaarde.

Colofon

Samenstelling:

FBT-innovatiecel
en
Het Vlaams Energieagentschap

Verantwoordelijke uitgevers:

FBT-innovatiecel

Luc Peeters
wnd. administrateur-generaal
Vlaams Energieagentschap

Lay-out: Vlaams Energieagentschap

Druk: Enschede-Van Muysewinkel

Depotnummer: D/2003/3241/256

Uitgave: april 2004 (+ beperkte herwerking maart 2009)

Met de medewerking van:

Christeyns N.V.
Clayton of Belgium N.V.
Distrigas- Gas Services
Dunlop Design Engineering Limited
Ecolab N.V.
Eurowater Belgium N.V.
GOM West- Vlaanderen
Habuco N.V.
Ipso N.V.
JohnsonDiversey N.V.
Lapauw N.V.
Spirax-Sarco N.V.
Streitz N.V.
VITO N.V.



Federatie van de Belgische Textielverzorging

Innovatiecel

Ardooisesteenweg 19

8800 Roeselare

Tel.: 051-21 21 27

fbt.innovatie@tiscali.be

www.fbt-online.be



Vlaams Energieagentschap

Koning Albert II-laan 20 bus 17

1000 Brussel

energie@vlaanderen.be

www.energiesparen.be



Energie sparen: de winst is voor u en het milieu.

In samenwerking met:

