



Vlaanderen
is veilig onderweg



Vlaamse Tunnelrichtlijn

B500 Vloeistofopvang

C350 Vloeistofafvoer

AGENTSCHAP
WEGEN & VERKEER

COLOFON

Titel	Vlaamse Tunnelrichtlijn: B500 & C350 Vloeistofopvang en -afvoer
Opgesteld door	Joachim Peerlinck, studie-ingenieur tunnelveiligheid, AWV
Gereviseerd door	Commissie Tunnels, Projectgroep Tunnelrichtlijnen, DON Bureau
Goedgekeurd door/op	Commissie Tunnels (9 oktober 2024) Directieraad AWV (24 oktober 2024)
Versie	1.0

DOCUMENTGESCHIEDENIS

Versie	Datum	Auteur	Beschrijving
0.1	06.12.2023	Joachim Peerlinck	Concepttekst ter revisie Commissie Tunnels
0.2	28.02.2024	Joachim Peerlinck	Verwerking opmerkingen Peter Sliwa, Steve Van Nuffel, Kris Van Boven en Heidi Cuypers
0.3	28.03.2024	Joachim Peerlinck	Concepttekst ter revisie door Projectgroep Tunnelrichtlijnen
0.4	27.08.2024	Joachim Peerlinck	Aanpassingen na review van Projectgroep Tunnelrichtlijnen en de Vlaamse Milieumaatschappij
1.0	24.10.2024	Joachim Peerlinck	Goedgekeurd door Directieraad AWV

INHOUDSOPGAVE

Colofon	2
Documentgeschiedenis	3
Inhoudsopgave	4
Afkortingen en begrippen	5
0 Inleiding	6
1 Wettelijk kader	7
2 Vloeistofopvang (B500)	8
2.1 Omschrijving	8
2.2 Wegdek (B406 en B408)	9
2.3 Goten en inlaatputten (B501)	10
2.4 Riolering (B501)	12
2.5 Drainage (B502)	15
2.6 Hergebruik hemelwater	15
2.7 Concept bufferbekkens (B504)	15
2.8 Vloeistofkelder	17
2.8.1 Hoofdkelder	18
2.8.2 Middenkelder	20
2.8.3 Hoofd- en middenkelder	21
2.9 Zandvang en KWS-afscheider	24
2.9.1 Zandvang	24
2.9.2 KWS-afscheider	25
2.10 Toegang vloeistofkelder	26
2.11 Grensruimte	29
2.12 Bediening Besturing en bewaking	30
2.13 Raakvlakeisen	31
3 Vloeistofafvoer (C350)	32
3.1 Omschrijving	32
3.1.1 Klimaatverandering en achtergrond dimensionering pompstation	32
3.2 Dimensionering pompstation en vloeistofopvang	34
3.2.1 Minimaal en maximaal pompdebiet	35
3.2.2 Minimale buffer	36
3.2.3 Geen wateroverlast bij normale werking voor een hoge terugkeerperiode	37
3.2.4 Geen wateroverlast bij uitval van het pompstation voor een lagere terugkeerperiode	38
3.2.5 Inschatting gevolgen bij wateroverlast	38
3.3 Ontwerp pompstation	39
3.3.1 Pompen (C351a)	39
3.3.2 Persleidingen en appendages (C351b)	41
3.3.3 Filters en KWS-afscidders	46
3.3.4 Peilmeetinstallaties (C351c)	46
3.4 Bediening	50
3.5 Besturing en bewaking	52
3.6 Raakvlakeisen	52
4 Referenties	53

AFKORTINGEN EN BEGRIPPEN

AFKORTING/BEGRIP	VERDUIDELIJKING
AWV	Agentschap Wegen en Verkeer
KWS-afscheider	Koolwaterstofafscheider
toerit	De toeritten zoals bedoeld in dit hoofdstuk zijn de delen van de open weg die vloeistoffen afvoeren tot in de tunnel of in een vloeistofkelder.
VWI	Vademecum Weginfrastructuur

0 INLEIDING

De Vlaamse Tunnelrichtlijn is een verzameling van documenten die ontwerpregels- en richtlijnen voor tunnels omschrijven. De samenstelling van de Vlaamse Tunnelrichtlijn is een werk in ontwikkeling. Stelselmatig zullen documenten en hoofdstukken toegevoegd en geüpdatet worden.

Deze richtlijn is geschreven voor tunnels langer dan 250 m gelegen in Vlaanderen, maar kan ook als leidraad gebruikt worden voor onderdoorgangen korter dan 250 m.

Dit hoofdstuk van de richtlijn is voornamelijk gebaseerd op de Landelijke tunnelstandaard van Rijkswaterstaat en een oude richtlijn voor pompstations van Agentschap Wegen en Verkeer¹. Daarnaast werden nieuwe inzichten uit renovatieprojecten en nieuwbouw tunnels opgenomen in de tekst.

Het is aangeraden om het document 'Omkadering' van de Vlaamse Tunnelrichtlijn te lezen om vertrouwd te geraken met de gehanteerde definities en om een algemeen beeld te verkrijgen van een tunnelsysteem en de daarrond gedefinieerde rollen.

In dit document wordt nader ingegaan op de functionele eisen die gerespecteerd dienen te worden bij het ontwerpen van vloeistofopvang (B500) en vloeistofafvoer (C350). Daarnaast worden ook technische eisen opgelijst die als aanvulling kunnen gezien worden op het standaardbestek 250 en 270.

De opbouw van dit hoofdstuk volgt een druppel vloeistof en start bij de eisen op het wegdek voor de gravitaire vloeistofafvoer en gaat stapsgewijs verder naar vloeistofopvang en het pompstation.

Hoofdstuk 1 geeft het wettelijk kader dat bepaald is voor de vloeistofopvang en de vloeistofafvoer.

Hoofdstuk 2 geeft een overzicht van de functionele eisen die in Vlaanderen gesteld worden aan de vloeistofopvang. Waar relevant is er ook extra toelichting opgenomen waarom bepaalde eisen gesteld worden en worden voorbeelden gegeven hoe er aan voldaan kan worden.

Hoofdstuk 3 bespreekt de richtlijnen en functionele eisen van de vloeistofafvoer. In dit hoofdstuk wordt ook de bediening, besturing en bewaking besproken van de vloeistofafvoer. Dat laatste zal later ook verder besproken worden in een nog te schrijven hoofdstuk van de Vlaamse Tunnelrichtlijn: 'C800 Bediening Besturing en Bewaking'.

Hoofdstuk 4 geeft ten slotte de referenties waarnaar verwezen wordt in dit document.

¹ Vlaamse overheid. Agentschap Wegen en Verkeer. (2009). Ontwerprichtlijn pompstations voor tunnels en laaggelegen wegvakken

1 WETTELIJK KADER

Het koninklijk besluit van 6 november 2007 betreffende de minimale technische veiligheidsnormen voor tunnels in het trans-Europese wegennet specificeert in artikel 9 de vereisten voor het afvoersysteem als volgt:

Indien het vervoer van gevaarlijke stoffen is toegestaan, geldt dat ontvlambare en giftige stoffen afgevoerd moeten kunnen worden via goed ontworpen goten met roosters of andere voorzieningen in de dwarsdoorsnede van de tunnel. Voorts wordt het afvoersysteem zodanig ontworpen en onderhouden dat wordt voorkomen dat brand en ontvlambare en giftige vloeistoffen zich in een tunnelbuis of tussen kokers verspreiden.

Indien in bestaande tunnels niet aan deze eisen kan worden voldaan, of dit buitensporig duur zou zijn, wordt hiermee rekening gehouden wanneer op grond van een analyse van de relevante risico's wordt besloten of het vervoer van gevaarlijke stoffen kan worden toegestaan.

Naast de Vlaamse Tunnelrichtlijn moet bij nieuwbouw tunnels het vloeistofafvoersysteem ook voldoen aan de gewestelijke Hemelwaterverordening 2023², het decreet algemene bepalingen milieubeleid (DABM) met zijn uitvoeringsdecreet Vlarem II en de 'Code van goede praktijk voor het ontwerp van rioleringsystemen' (2012)³.

² Besluit van de Vlaamse Regering tot vaststelling van een gewestelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwater, tot wijziging van het besluit van de Vlaamse Regering van 16 juli 2010 tot bepaling van stedenbouwkundige handelingen waarvoor geen omgevingsvergunning nodig is en tot opheffing van het besluit van de Vlaamse Regering van 5 juli 2013 houdende vaststelling van een gewestelijke stedenbouwkundige verordening inzake hemelwaterputten, infiltratievoorzieningen, buffervoorzieningen en gescheiden lozing van afvalwater en hemelwater.

³ De code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen is de bijlage 1 bij het besluit van de Vlaamse minister van Leefmilieu, Natuur en Cultuur van 20 augustus 2012 tot vaststelling van de code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen.

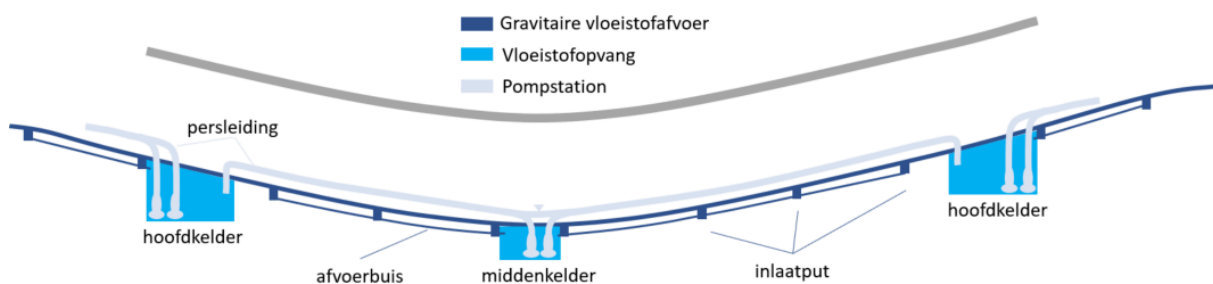
2 VLOEISTOFOPVANG (B500)

2.1 OMSCHRIJVING

De vloeistofopvang in een tunnel bestaat uit volgende componenten (zie Figuur 2-1):

- de gravitaire vloeistofafvoer uit de tunnelkoker en andere tunnelgerelateerde ruimtes (dienstgebouw; vluchtkoker,...) richting de pompkelders, bestaande uit het wegdek, de goten, de (inlaat)putten en het rioleringsysteem;
- de vloeistofopvang in de vloeistofkelder(s) (hoofdkelder(s) en eventueel middenkelder(s)) bestaande uit de verschillende opslagen, de watersloten, de zandvang en/of koolwaterstofafscheider (KWS-afscheider).

In de vloeistofkelder(s) worden pompstation(s) voorzien die de vloeistoffen oppompen en verder afvoeren en worden beschreven in [hoofdstuk 3 'Vloeistofafvoer \(C350\)'](#).



Figuur 2-1: Schets met de componenten van het vloeistofafvoersysteem in een tunnel

De primaire functies van vloeistofopvang zijn:

- het opvang van de neerslag aan de in- en/of uitgang van de oppervlakken die afwateren richting de tunnel om zo vorming van waterplassen op de weg te voorkomen. Door rijdend verkeer zal ook neerslag tot dieper in de tunnel binnen gebracht worden die dient opgevangen te worden;
- verhinderen dat brandbare of giftige stoffen die op het wegdek komen zich significant verspreiden in de voertuigkoker, om zo onveilige situaties te vermijden;
- het tijdelijk opvangen van bluswater en gevaarlijke stoffen tijdens een calamiteit;
- het opvangen van waswater dat gebruikt wordt in de voertuigkoker tijdens onderhoud;
- het opvangen van insijpelend grondwater (lekwater) aangezien een tunnel vaak niet 100 % waterdicht is;
- het opvangen van drainagewater indien aanwezig.

Enmaal de vloeistoffen zich in de afvoerrioleringsbuizen bevinden, worden deze afgevoerd naar de pompkelder(s) dewelke voorzien zijn van voldoende buffer- en pompcapaciteit zodat hevige neerslag en bluswater niet tot plassen op het wegdek leiden. Daarnaast moet vloeistofafvoer ook voorkomen dat plassen gevormd worden op vloeren van vluchtkokers, leidingkokers en andere (technische) ruimtes in de tunnel.

De afvoer van vloeistof naar de vloeistofkelder(s) gebeurt op basis van zwaartekracht alleen. Tot en met binnenkomst van de vloeistof in de vloeistofkelder(s) mag de vloeistofafvoer geen elektrische en/of bedienbare elementen bevatten die, als ze uitvallen of verkeerd bediend worden, de correcte afvoer van vloeistof naar de vloeistofkelder(s) zouden kunnen verhinderen.

FE. B500-001 De afvoer van vloeistof naar de vloeistofkelder(s) gebeurt op basis van zwaartekracht alleen. Hiervoor worden geen elektrische en/of bedienbare elementen gebruikt.

2.2 WEGDEK (B406 EN B408)

Het wegdek is in de meeste gevallen de eerste schakel van het vloeistofafvoersysteem en heeft hierin de taak om de vloeistoffen zo snel mogelijk af te voeren zodat deze niet tot overlast kunnen leiden. Plasvorming op het wegdek dient vermeden te worden. Plasvorming van water en andere (viskeuze) vloeistoffen kan leiden tot een verkeersonveilige situatie, plasvorming van gevaarlijke stoffen (al dan niet brandbaar) kan leiden tot (extra) slachtoffers door giftige dampen, branden of explosies. Hoe sneller vloeistoffen afgevoerd kunnen worden, hoe kleiner de plasgrootte en hoe kleiner de gevolgen zullen zijn. Deze argumenten gelden ook op de open weg, alleen zijn de gevolgen van een incident of een brand in een tunnel groter, waardoor er in tunnels extra eisen zijn opgesteld.

Het wegdek in de voertuigkoker kan zowel aangelegd worden in asfalt als beton. Beton verkiest de voorkeur door een hogere duurzaamheid, een hogere lichtreflectie en de niet-brandbaarheid. Zeer open asfalt (ZOA) heeft de eigenschap om vloeistoffen vertraagd af te voeren, waardoor dit in tunnels met langshellingen (>1%) niet toegepast mag worden. Op toeritten kan ZOA wel toegepast worden en loopt dan tot circa 20 m in de voertuigkoker door. Zo wordt uittreding van water uit het ZOA bij de ingang van de voertuigkoker voorkomen, wat een sterke verandering van het opspattend water aan de in- en uitgang van de tunnel vermijdt. Bij een overgang van een ZOA naar een ander type wegdek boven op een ondoordringbare laag, dient een afwatering voorzien te worden die het water afvoert dat in de ZOA indringt. Onder de wegverharding (in beton of asfalt) en boven de betonplaat komt een afdichting voor de vloeistoffen af te voeren die door de wegverharding binnendringen, door scheuren, aan voegen, aan randen...

FE. B500-002 In een voertuigkoker met langshellingen (>1%) mag geen zeer open asfalt (ZOA) toegepast worden. Bij gebruik van ZOA op toeritten loopt het ZOA wel door tot circa 20 m in de voertuigkoker.

Om vloeistoffen richting de goot en de inlaatputten te leiden, wordt een standaard dwarshelling voorzien van minimaal 2,5 % conform het Vademecum Weginfrastructuur (VWI)⁴. Bij langshellingen > 4,5 % of een langshelling in combinatie met een grote breedte (5 rijstroken + pechstrook) is een grotere dwarshelling aan te bevelen, om de vloeistoffen zo weinig mogelijk de langshelling te laten aflopen.

FE. B500-003 Een standaard dwarshelling van minimaal 2,5 % wordt toegepast in een voertuigkoker. Bij langshellingen > 4,5 % of een langshelling in combinatie met een grote breedte is een grotere dwarshelling aan te bevelen.

Een wentelende verkantingsovergang wordt toegepast bij 2 opeenvolgende tegengesteld gerichte bogen. Ergens in de verkantingsovergang zal een dwarsdoorsnede voorkomen waar de dwarshelling nul is. Indien het onmogelijk is om op die locatie een langshelling (groter dan 1 %) te voorzien, wordt de lengte van de verkantingsovergang beperkt tot de minimaal toegestane lengte van de verkantingsovergang met het oog op wegverloopzicht conform het VWI.

FE. B500-004 Een wentelende verkantingsovergang zonder een langshelling van minimaal 1 % heeft een lengte die beperkt wordt tot de minimaal toegestane lengte van de verkantingsovergang met het oog op wegverloopzicht conform het 'Vademecum Weginfrastructuur' (VWI).

Het wegontwerp is zodanig dat bij uitstroming van 1,8 m³ benzine per minuut uit een tankwagen het plasoppervlak op die locatie niet groter wordt dan 500 m². Het gaat daarbij om het totale oppervlak van de plas op het wegdek en de plas in de afvoergoot ('gootstroom'). De wijze waarop het plasoppervlak kan worden

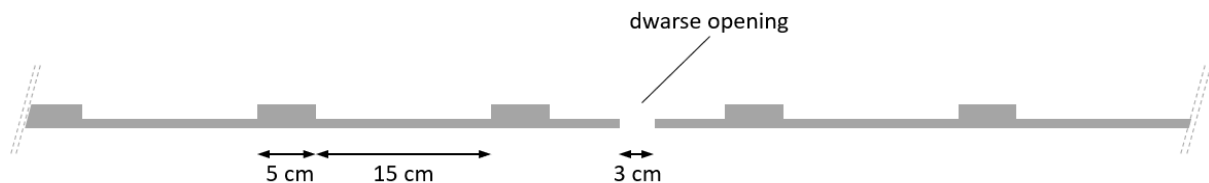
⁴ Vlaamse overheid. Agentschap Wegen en Verkeer. (2023). *Vademecum weginfrastructuur (VWI): deel Europese hoofdwegen*.

berekend is beschreven in paragraaf 8.3.1 van het 'Achtergronddocument van QRA-tunnels' (Rijkswaterstaat, 2012). Dit heeft voornamelijk consequenties als de dwarshelling minder is dan 2,5 % of het een brede tunnel is (>16 m), gecombineerd met een hoge langshelling.

FE. B500-005 Het wegontwerp is zodanig dat bij uitstroming van 1,8 m³ benzine per minuut uit een tankwagen het plasoppervlak op die locatie niet groter wordt dan 500 m².

Door het aanleggen van een correcte dwarsverkanting lopen vloeistoffen normaal gezien vlot richting de goten. Een doorlopende streep van de wegmarkering kan hierbij ondanks de geringe dikte toch een obstakel zijn bij het afvoeren van een vloeistof. Zeker op een wegdek met een langshelling zijn voldoende afwateringsleuven nodig om te voorkomen dat (een deel van) de vloeistof over grote afstand langs de belijning naar beneden stroomt, zonder de goot en de inlaatputten te bereiken. Hierdoor wordt een doorlopende langse markering aan de laagste zijde van de rijbaan minstens om de meter uitgevoerd met een dwarse opening van 3 centimeter breed.

Een doorlopende streep in een tunnel is steeds van het type 'ribbelmarkeringen' zoals beschreven in het standaardbestek 250. Hierdoor hoort en voelt de weggebruiker de streep als deze wordt overschreden. Aangezien een doorgetrokken streep juist wordt toegepast om overschrijding of inhalen tegen te gaan, is dit een aanvullend voordeel voor de verkeersveiligheid. In Figuur 2-2 wordt een ribbelmarkering weergegeven met een dwarse opening om de meter. De hoogte is in de figuur niet op schaal getekend.



Figuur 2-2: Ribbelmarkering met dwarse opening

FE. B500-006 Een doorlopende langse markering in de tunnel wordt uitgevoerd als 'ribbelmarkering'. Aan de laagste zijde van de rijbaan wordt de markering minstens om de meter onderbroken met een dwarse opening van 3 centimeter breed.

2.3 GOTEN EN INLAATPUTTEN (B501)

In de voertuigkoker bestaat de gravitaire vloeistofafvoer uit goten met inlaatputten (slikkers). Ook op de toeritten is dit de voorkeursoplossing.

Goten worden aangelegd om de vloeistoffen die dwars afgevoerd worden over het wegdek verder af te voeren richting de inlaatputten. Het type goot is conform het 'Vademecum vergevingsgezinde wegen (VVW) deel gemotoriseerd verkeer'. Vooral indien de goot deel uitmaakt van de redresseerstrook mag het niveauverschil niet te groot zijn.

Inlaatputten zijn voorzien van een (kleine) zandvang met sifon en geven de vloeistof door aan de rioolbuis. De afvoercapaciteit van een inlaatput is minstens 0,5 m³ per minuut. De inlaatputten hebben een zodanige constructie dat:

- het bovendeel/rooster in de hoogte verstelbaar is;
- het water dat infiltreert in de wegverharding tot op het niveau van de afdichtingslaag, langs de inlaatputten kan wegvloeien.

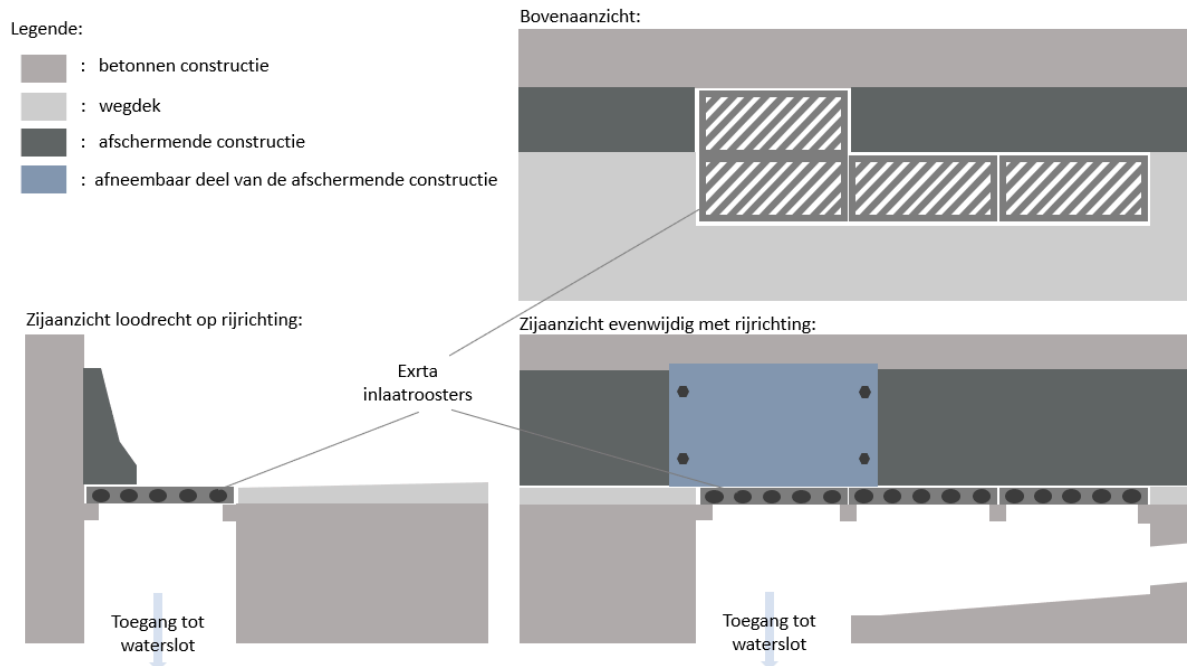
De afstand tussen inlaatputten is maximaal 20 m en bij opgaande hellingen maximaal 10 m. Deze afstand beperkt de plaslengte wat bij het vrijkomen van gevaarlijke stoffen een sterke reductie geeft in het aantal mogelijke slachtoffers. Enkel opgaande hellingen hebben een strengere eis doordat een grote hoeveelheid gelekte vloeistoffen meestal het gevolg is van een incident dat stroomopwaarts een file laat ontstaan. In dat geval stromen de gevaarlijke stoffen richting de mensen in de file, en heeft een kleinere plaslengte een groter positief voordeel. Daar waar in geval van een calamiteit personen de riolering moeten oversteken (vluchtdeuren, hulppostkasten...) worden er geen inlaatputten geplaatst. Een inlaatput is struikelgevoelig en dient als een verzamelpunt van gevaarlijke stoffen, wat best te vermijden is op de vluchtweg.

FE. B500-007 In de voertuigkoker bestaat de gravitaire vloeistofafvoer uit goten met inlaatputten en voldoet aan:

- elke inlaatput heeft een afvoercapaciteit van minstens 0,5 m³ per minuut en is voorzien van een (kleine) zandvang met sifon;
- het bovendeel/rooster in de hoogte verstelbaar is;
- vloeistoffen die tussen de wegverharding en de draagconstructie terecht komen dienen afgevoerd te worden via de inlaatputten zodat hier geen stagnatie kan plaatsvinden;
- de tussenafstand is maximaal 20 m en bij opgaande hellingen maximaal 10 m;
- inlaatputten worden niet geplaatst op locaties waar mensen tijdens een calamiteit de riolering moeten oversteken (nooduitgangen, hulppostkasten...).

Ter plaatse van de inlaat naar de vloeistofkelders worden extra inlaatroosters met een open oppervlak van totaal ten minste 0,3 m² naar elke vloeistofkelder aangebracht. Deze extra inlaatroosters zorgen voor extra afvoercapaciteit en beperken op die manier de kans op plasvorming. Deze inlaatroosters bevinden zich normaal gezien boven het waterslot van een vloeistofkelder en dienen voor ontluchting van de riool zie Figuur 2-8. Indien er zich in een toekomstige afvoerbuis een explosie voordoet, is de kans veel kleiner dat de vlam door het waterslot schiet richting de kelder door de ontluchting van de extra inlaatroosters. Tijdens onderhoud doen deze roosters ook dienst als toegangspunt tot de zandvang/waterslot, hiervoor is minimaal een van de roosters als mangat uitgevoerd. Op Figuur 2-3 is weergegeven hoe deze extra inlaatroosters mogelijk uitgevoerd kunnen worden. Indien een onderbreking in de afschermdende constructie vermeden kan worden doordat deze roosters op een pechstrook zouden komen te liggen, krijgt dit de voorkeur.

Zoals zal blijken uit [paragraaf 3.2 'Dimensionering pompstation en vloeistofopvang'](#) worden vloeistofkelders gedimensioneerd op basis van een grotere hoeveelheid neerslag dan de toekomstige riolering. Er wordt aangetoond dat water op straat voorkomen wordt, ook al heeft de riolering in de tunnel zijn maximale capaciteit al bereikt. Op dat moment loopt een deel van het hemelwater namelijk via het wegdek naar een dieper punt. Op deze locatie kan het hemelwater dan rechtstreeks via de extra inlaatroosters de vloeistofkelder bereiken.



Figuur 2-3: Schematische schets van een mogelijke uitvoering van de extra inlaatroosters ter hoogte van de vloeistofkelders

FE. B500-008 Extra inlaatroosters worden voorzien boven elk waterslot van een vloeistofkelder met een open oppervlak van in totaal ten minste 0,3 m². Er wordt aangetoond dat het open oppervlak voldoende groot is om geen water op straat te krijgen bij de terugkeerperiodes van de vloeistofkelders. Indien deze roosters ook dienst doen als toegangspunt tot de zandvang/waterslot, is minimaal een van de roosters als mangat uitgevoerd.

Voor tunnels met een langshelling van meer dan 2 % ter hoogte van de tunnelportalen is het daarbovenop toegestaan een dwarsgoot te voorzien aan de in- of uitgang over de gehele breedte van de rijbaan. Dit is een effectieve maatregel om te vermijden dat neerslag over een grote lengte de tunnel in loopt. De dwarsgoot heeft een minimale breedte van 20 cm en voldoet aan de verkeersklasse F900 volgens NBN EN 1433⁵. Bij voorkeur vormen de goot en het rooster één geheel zodat het rooster niet kan losraken, aan de zijkant van de dwarsgoot komt dan een inspectie-element. In andere gevallen met een kleinere langshelling wordt geen dwarsgoot geplaatst. Dit is namelijk een locatie gevoelig voor slijtage.

FE. B500-009 Een dwarsgoot is enkel toegestaan voor tunnels met een langshelling van meer dan 2 % ter hoogte van de tunnelportalen. De dwarsgoot heeft een minimale breedte van 20 cm en voldoet aan de verkeersklasse F900 volgens NBN EN 1433.

2.4 RIOLERING (B501)

In het overdekte deel van een tunnel komen in normaal bedrijf geen grote hoeveelheden vloeistof tegelijkertijd vrij. Een totale uitstroming van een tankwagen en/of het bluswater tijdens een brand zijn hierdoor maatgevend. De capaciteit van de riolering, waarmee vloeistoffen vanuit de voertuigkokers naar de vloeistofkelders worden afgevoerd, bedraagt ten minste 4 m³ per minuut. Doordat hemelwater normaal gezien de riolering in het overdekte deel van een tunnel niet of weinig bereikt is de concentratie van vervuiling in de vloeistoffen groter

⁵ Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2003). Afwateringsgoten voor verkeersgebieden - Classificatie, ontwerp- en beproevingseisen, merken en conformiteitsbeoordeling (NBN EN 1433:2003).

(denk aan kleine lekken van brandstof, maar ook aan fijnstof en zware metalen veroorzaakt door slijtage van banden en het wegdek).

Het bluswaterdebiet in een tunnel is 2 of 4 m³ per minuut. Indien de ruimte beschikbaar is om de capaciteit van de riolering te verhogen naar 5 m³ per minuut dan wordt dit zeker overwogen bij lange tunnels.

FE. B500-010 De capaciteit van de riolering, waarmee vloeistoffen vanuit de voertuigkokers naar de vloeistofkelders worden afgevoerd, bedraagt ten minste 4 m³ per minuut.

De buisdiameter van de riolering in de voertuigkoker wordt afgestemd op de langshelling en de gevraagde transportcapaciteit, maar is minimaal 250 mm. Voor de minimale diameters wordt verwezen naar de 'Code van goede praktijk voor het ontwerp van rioleringssystemen' (2012).

De belangrijkste punten worden hierna weergegeven:

- de minimale diameter voor hemelwaterriolen mag niet kleiner zijn dan 250 mm;
- voor riolen waar opwaarts grachten op zijn aangesloten en voor duikers wordt een minimale diameter van 400 mm gehanteerd;

FE. B500-011 De buisdiameter van de riolering in de voertuigkoker wordt afgestemd op de langshelling en de gevraagde transportcapaciteit, maar is minimaal 250 mm. 'Code van goede praktijk voor het ontwerp van rioleringssystemen' (2012) wordt gevolgd voor de bepaling van de diameter.

Rioolbuizen in een voertuigkoker zijn door de hogere concentratie aan vervuiling extra gevoelig voor een explosie. Er wordt aangetoond dat een explosie in de buizen niet kan leiden tot het bezwijken van de vloer van de voertuigkoker. Hierdoor worden rioolbuizen meestal voorzien van ballastbeton bovenop (minimaal 150 mm), die de rioolbuizen op hun plaats houdt, en dient onder de rioolbuizen minimaal 60 mm beton aanwezig te zijn.

Op toeritten wordt de riolering gedimensioneerd op hemelwaterafvoer. Indien een afvoersysteem met ingestorte buizen en inlaatputten wordt toegepast, zal ook hier geborgd worden dat een explosie in de buizen niet kan leiden tot het bezwijken van de constructieve vloer. Er wordt rekening gehouden met extra ontluchtingsmogelijkheden bij de aansluiting van de buizen op de vloeistofkelder.

FE. B500-012 Er wordt aangetoond dat een explosie in de rioolbuizen niet kan leiden tot het bezwijken van de vloer van de voertuigkoker en de toeritten. Hier is normaal gezien aan voldaan met bovenaan 150 mm ballastbeton en onder de rioolbuis 60 mm beton.

Toeritten kunnen uitgevoerd worden in U-bakken of een standaard wegoopbouw hebben. Bij de bepaling van de terugkeerperiode van de riolering van toeritten, wordt rekening gehouden met hoe ingrijpend aanpassingswerken zouden zijn in de komende decennia, indien blijkt dat de huidige dimensionering onvoldoende zou zijn. Vooral bij het instorten van rioolbuizen in de U-bakken of in de tunnel is de kost om later aanpassingen te doen aan de riolering hoog. Daarnaast is ook de categorie van de weg bepalend. Hoe hoger de categorie, hoe belangrijker dat water niet op straat komt, dat er geen waterschade optreedt of dat ingrijpende aanpassingen vermeden worden.

De ontwerpcriteria voor de riolering van de toeritten van voertuigkokers wordt gegeven in Tabel 2-1. Hier wordt onderscheid gemaakt tussen Europese en Vlaamse hoofdwegen enerzijds en andere wegen anderzijds. Een toelichting over het te gebruiken klimaatscenario is terug te vinden in [paragraaf 3.1.1 'Klimaatverandering en achtergrond dimensionering pompstation'](#). Daarnaast is ook de aanpak bij een verschillende wegoopbouw anders. Indien in het gesloten deel van de tunnel ook hemelwater wordt afgevoerd in een rioleringsbuis, wordt met de ontwerpcriteria van een U-bak gerekend.

Tabel 2-1: Terugkeerperiode voor ontwerp riolering op toeritten

Type toerit	Klimaatscenario	Terugkeerperiode ontwerpberekening (niet onder druk)	Terugkeerperiode nazichtsberekening (water op straat)
Europese en Vlaamse hoofdwegen			
Standaard wegoopbouw	Hoog-zomer scenario 2100	T2	T20
U-bakken	Hoog-zomer scenario 2100	T20	T50
Andere wegen			
Standaard wegoopbouw	Hoog-zomer scenario 2050	T2	T20
U-bakken	Hoog-zomer scenario 2050	T20	T50

FE. B500-013 De terugkeerperiode voor de ontwerp- en nazichtsberekening van de riolering van toeritten is respectievelijk T2 en T20 voor een standaard wegoopbouw en T20 en T50 voor riolering in U-bakken. Voor tunnels gelegen op Europese en Vlaamse hoofdwegen wordt rekening gehouden met het Hoog-zomer scenario voor 2100, terwijl voor andere wegen het Hoog-zomer scenario voor 2050 wordt gebruikt.

Ook in niet-voertuigkokers of technische ruimtes kan vloeistof terecht komen die dient afgevoerd te worden om het ontstaan van plassen op een diep punt te vermijden. De uitvoeringsvorm volgt het principe dat een gasdichte afsluiting bestaat tussen de verschillende compartimenten (vluchtoker, vloeistofkelders en voertuigkokers). Indien de vloeistoffen niet gravitair afgevoerd kunnen worden (naar de vloeistofkelders), wordt een putje voorzien met daarin een pompje. Dit pompje moet worden aangestuurd om ervoor te zorgen dat het putje niet overstroomt en dat de waterinlaat van het pompje niet droog komt te staan. De afvoerleiding van het pompje beschikt over een terugslagklep, en deze leiding mondt uit in een vloeistofkelder of in een rioolbuis die naar een vloeistofkelder of de omgeving afvoert. Het defect raken van het pompje of de aansturing daarvan hoeft niet automatisch gedetecteerd of gemeld te worden.

FE. B500-014 Ook in niet-voertuigkokers of technische ruimtes worden vloeistoffen afgevoerd om het ontstaan van plassen op een diep punt te vermijden. De uitvoeringsvorm volgt het principe dat een gasdichte afsluiting bestaat tussen de verschillende compartimenten (vluchtoker, vloeistofkelders en voertuigkokers). Indien de vloeistoffen niet gravitair afgevoerd kunnen worden (naar de vloeistofkelders), wordt een putje voorzien met daarin een pompje. Dit pompje moet worden aangestuurd om ervoor te zorgen dat het putje niet overstroomt en dat de waterinlaat van het pompje niet droog komt te staan. De afvoerleiding van het pompje beschikt over een terugslagklep, en deze leiding mondt uit in een vloeistofkelder of in een rioolbuis die naar een vloeistofkelder of de omgeving afvoert. Het defect raken van het pompje of de aansturing daarvan hoeft niet automatisch gedetecteerd of gemeld te worden.

2.5 DRAINAGE (B502)

Naast de riolering en vloeistofkelders in de tunnel kan drainering (B502) van open toeritten noodzakelijk zijn, bijvoorbeeld omdat deze is uitgevoerd als polderconstructie. Eisen voor deze drainering zijn zeer tunnelspecifiek en worden niet in dit document omschreven. Wel wordt benadrukt dat een

grondwaterhandeling, al dan niet gepaard met een vervuiling in de omgeving, sterk geregeld wordt door de milieuwetgeving (DABM en Vlarem II).

Indien technisch (en economisch) haalbaar wordt een tunnel geheel waterdicht uitgevoerd en wordt geen grondwater afgevoerd richting de vloeistofkelders. Indien grondwater wel onttrokken en afgevoerd wordt dient deze stroom afzonderlijk verzameld te worden, het debiet gemeten te worden en afzonderlijk afgevoerd te kunnen worden. Dit afvalwater moet indien noodzakelijk gezuiverd worden om aan de lozingsnormen te voldoen.

FE. B500-015 Indien technisch (en economisch) haalbaar wordt een tunnel geheel waterdicht uitgevoerd en wordt geen grondwater afgevoerd richting de vloeistofkelders. Indien grondwater wel onttrokken en afgevoerd wordt dient deze stroom afzonderlijk verzameld te worden, het debiet gemeten te worden en afzonderlijk afgevoerd te kunnen worden.

2.6 HERGEBRUIK HEMELWATER

In de gewestelijke hemelwaterverordening zijn regels opgesteld om in Vlaanderen rekening te houden met klimaat, hevige piekneerslag en lange periodes van droogte. Hieruit volgt dat een overdekte constructie wordt voorzien van een hemelwaterput indien er gebruiksmogelijkheden bestaan voor het opvangen hemelwater.

Hemelwater dat via het wegdek opgevangen wordt dient te voldoen aan de eisen rond infiltratievoorziening en buffervoorziening, hemelwater dat via een dakoppervlak opgevangen wordt, van bijvoorbeeld een dienstgebouw, dient voorzien te worden van een hemelwaterput.

Deze hemelwaterput wordt voorzien van een operationele pompinstallatie met aftappunten die het gebruik van het opvangen hemelwater mogelijk maken. Dit kan gebruikt worden voor toiletspoeling, kuiswater, aanvullen bluswaterreservoir...

2.7 CONCEPT BUFFERBEKKENS (B504)

Vloeistoffen komen via het rioleringsstelsel terecht in een vloeistofkelder. Een vloeistofkelder wordt zowel gebruikt als buffer om de piekintensiteiten van hemelwater te kunnen verwerken bij maatgevende regenbuien, alsook als opslag bij calamiteiten waarbij het normale pompschema stilgelegd wordt en de mogelijk vervuilende vrijgekomen stoffen, evenals het gebruikte bluswater, vastgehouden worden. Deze dienen daarna op een gecontroleerde wijze afgevoerd te worden, wat meestal gebeurt door deze met een tankwagen op te pompen en af te voeren.

Bij de keuze voor het aantal en de locatie van de vloeistofkelders is voornamelijk de geometrie van de tunnel bepalend. Het wordt aanbevolen om te onderzoeken of de vloeistofkelder op een strategische locatie kan worden geplaatst, waarbij rekening wordt gehouden met het scenario van het mogelijke verlies van de kelder (bijvoorbeeld door een explosie). Deze plaatsing dient te voorkomen dat de hoofdconstructie van de tunnel wordt beschadigd.

Binnen een tunnelconstructie zijn (grote) reservoirs over het algemeen duur. Het afvoeren van vloeistoffen vanuit het overdekte gedeelte van de tunnel naar een externe vloeistofkelder door middel van natuurlijk verval is daarom kostenefficiënter, maar vaak niet haalbaar. Het onderhoud van een pompinstallatie is aanzienlijk eenvoudiger en veiliger indien de pompkelder toegankelijk is vanaf een buiten de rijweg gelegen locatie zie [sectie 2.10](#).

Vloeistofopvang kan bestaan uit twee types vloeistofkelder: een hoofdkelder en een middenkelder.

Minstens één vloeistofkelder van het type hoofdkelder is verplicht en kan gebruikt worden door meerdere tunnelkokers. Eén of meerdere vloeistofkelders van type middenkelder zijn mogelijk.

FE. B500-016 Minstens één vloeistofkelder wordt voorzien in een tunnel van het type hoofdkelder.

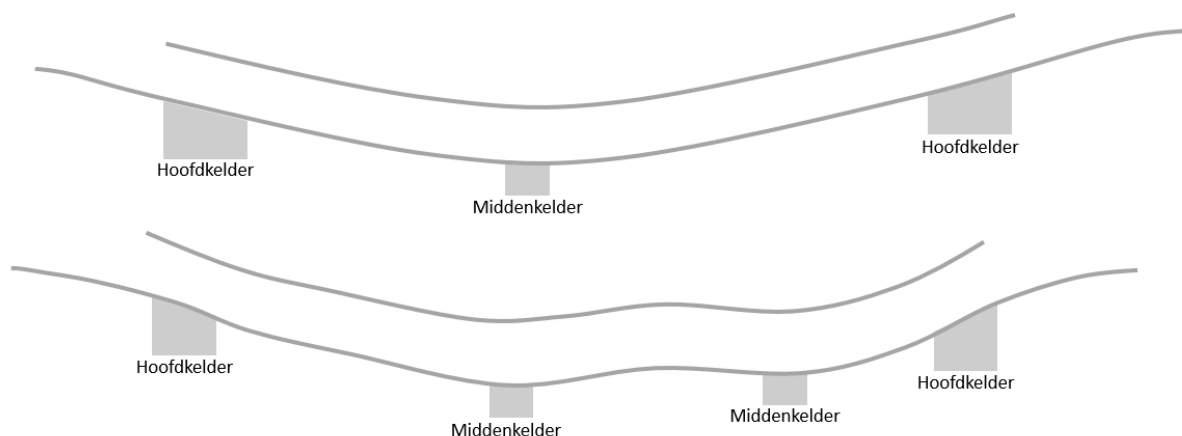
In een hoofdkelder komen grote stromen vloeistof samen, dewelke van hieruit weggepompt worden uit het tunnelcomplex. Deze stromen vloeistof zijn hoofdzakelijk hemelwater afkomstig van de toerit(ten) alsook de afvoer van een middenkelder. Een hoofdkelder wordt dichtbij een in- of uitgang van de tunnel voorzien. Algemeen kan gesteld worden dat vloeistoffen afkomstig van buiten het omsloten deel enkel tot in een hoofdkelder mogen stromen, en niet verder in de tunnel richting een middenkelder. Van zodra hemelwater rechtstreeks uitkomt in een kelder wordt deze ontworpen als een hoofdkelder.

FE. B500-017 Vloeistoffen afkomstig van buiten het omsloten deel mogen enkel tot in een hoofdkelder stromen, en niet verder in de tunnel richting een middenkelder.

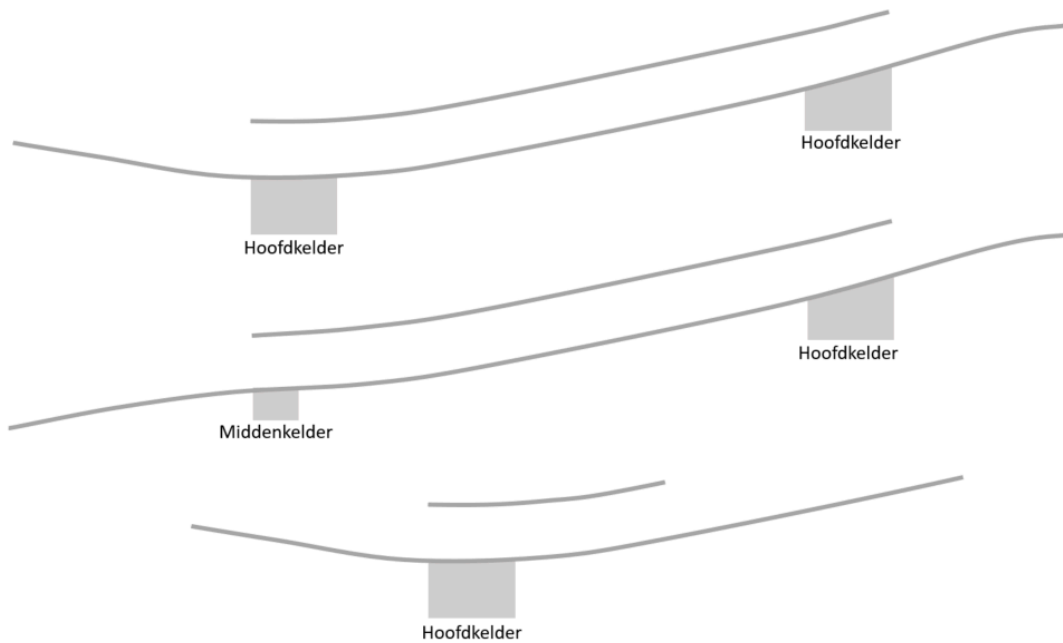
Een middenkelder bevindt zich op die locatie(s) in het omsloten deel waar vloeistoffen onder natuurlijk verval niet verder kunnen stromen en is meestal beperkt in capaciteit. Een middenkelder pompt de vloeistoffen over, richting één of meerdere hoofdkelders. Het gaat hier over relatief vuil water verontreinigd met stoffen afkomstig van het verkeer of van schoonmaakwerkzaamheden. Ook het lekwater kan naar deze kelder aflopen.

FE. B500-018 Een middenkelder bevindt zich op die locatie(s) in het omsloten deel waar vloeistoffen onder natuurlijk verval niet verder kunnen stromen en is meestal beperkt in capaciteit.

De meest voorkomende configuratie van de kelders beschikt over twee hoofdkelders aan de in- en uitgang van de tunnel en één middenkelder in het diepste punt. Voor landtunnels die zo goed als vlak blijven of monotoon hellend, kan als uitzondering enkel gebruik gemaakt worden van één hoofdkelder al dan niet gecombineerd met een middenkelder. Tunnels en onderdoorgangen korter dan 500 m kunnen indien technisch mogelijk ook uitgevoerd worden met een enkele hoofdkelder. Verschillende configuraties van de pompkelders zijn weergegeven in Figuur 2-4 en Figuur 2-5.



Figuur 2-4: Configuratie van vloeistofopvang bij tunnel met dalboog



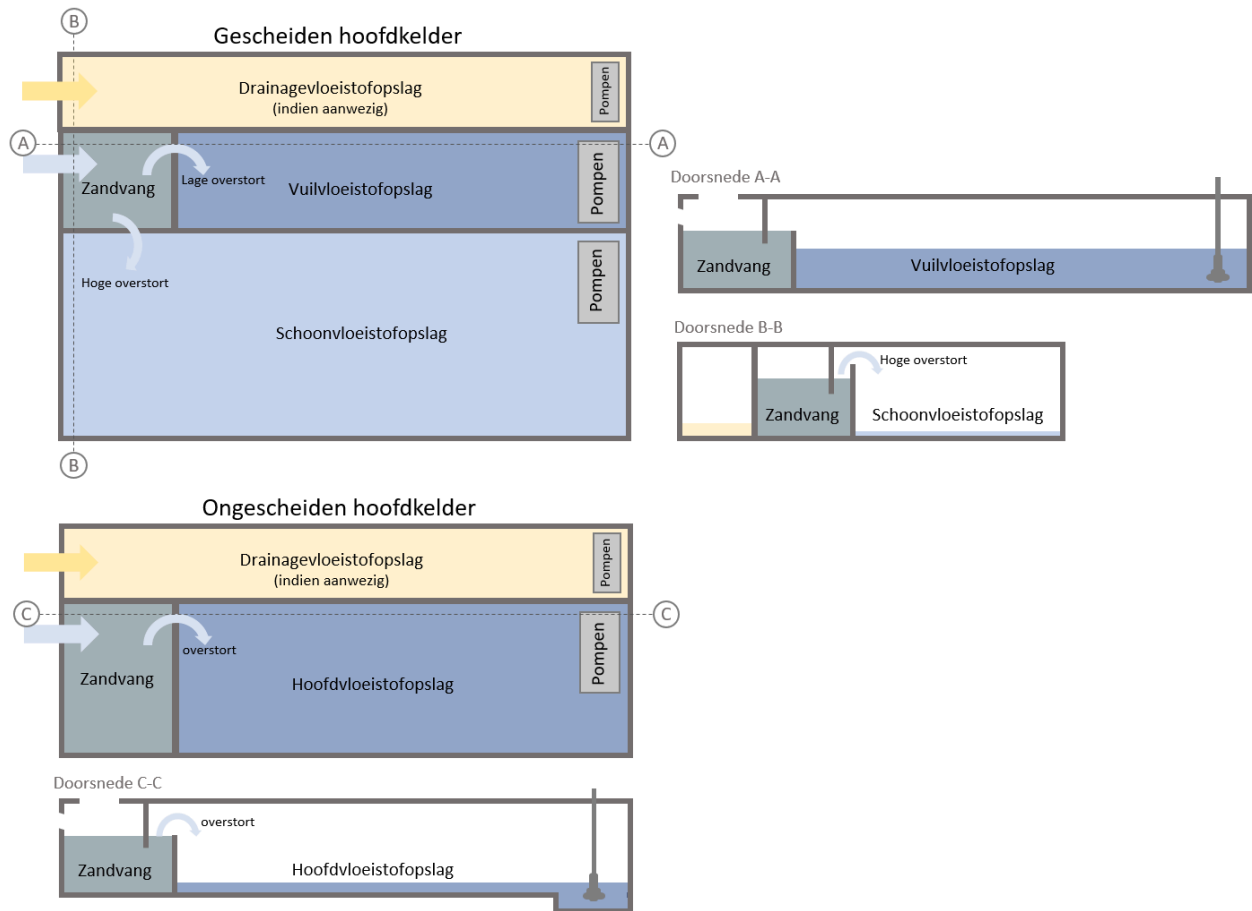
Figuur 2-5: Configuratie van vloeistofopvang bij monotoon hellende tunnel of korte tunnel

2.8 VLOEISTOFKELDER

Zoals in het concept van vloeistofopvang werd beschreven, kan een tunnel beschikken over twee types vloeistofkelder: een hoofdkelder en een middenkelder. Allereerst worden de ontwerprichtlijnen specifiek voor beide types hieronder toegelicht, gevolgd door de ontwerprichtlijnen die voor beide kelders van toepassing zijn.

De dimensionering van de verschillende vloeistofopslagen in een vloeistofkelder hangt sterk samen met de dimensionering van het pompstation. De eisen die hiervoor gelden zijn terug te vinden in [hoofdstuk 3 'Vloeistofafvoer \(C350\)'](#).

2.8.1 HOOFDKELDER



Figuur 2-6: Schematische weergave indeling hoofdkelder

Een hoofdkelder (Zie Figuur 2-6) kan gescheiden of ongescheiden uitgevoerd worden:

- Een gescheiden hoofdkelder beschikt over minstens twee gescheiden vloeistofopslagen: een vuilvloeistofopslag en een schoonvloeistofopslag.
- Een ongescheiden hoofdkelder beschikt over minstens één enkele vloeistofopslag: een hoofdvloeistofopslag.

Bij aanwezigheid van drainagewater in de hoofdkelder wordt ook een drainagevloeistofopslag voorzien met eigen pompen.

FE. B500-019 Bij aanwezigheid van drainagewater in de hoofdkelder wordt ook een drainagevloeistofopslag voorzien met eigen pompen. Deze opslag krijgt een overstort richting een andere opslag in de hoofdkelder.

De term 'vuilvloeistofopslag' verwijst naar de opslag die als eerste wordt gevuld wanneer de vloeistofkelder leeg is. Bij het begin van een neerslagbui is het wegdek mogelijk vervuild en neemt de neerslag de vervuiling mee tot in de vloeistofkelder (first flush). Naarmate de regenbui voortduurt, wordt het afstromende water steeds zuiverder. Hierdoor ontstaat er een verschil in vervuiling tussen de vuil- en schoonvloeistofopslag. Daarnaast komen de vloeistoffen uit de middenkelder ook toe in de vuilvloeistofopslag.

FE. B500-020 Een gescheiden hoofdkelder wordt uitgevoerd met minstens twee gescheiden vloeistofopslagen: een vuilvloeistofopslag en een schoonvloeistofopslag. Een ongescheiden

hoofdkelder wordt uitgevoerd met minstens één enkele vloeistofopslag: een hoofdvloeistofopslag.

Een hoofdkelder mag als een ongescheiden hoofdkelder worden uitgevoerd als het oppervlak dat neerslag opvangt en naar de hoofdkelder afvoert, kleiner is dan 200 m², of als dit specifiek is toegestaan volgens het lozingschema en de afspraken voor het lozen van water, zoals overeengekomen met de rioolbeheerder en/of waterbeheerder. Deze afwijking wordt geaccepteerd omdat de bijkomende kosten voor een gescheiden hoofdkelder niet opwegen tegen de geringe voordelen van een marginale verlichting van de belasting op het rioolstelsel en de zuiveringsinstallatie.

FE. B500-021 Een hoofdkelder mag als een ongescheiden hoofdkelder worden uitgevoerd als het oppervlak dat neerslag opvangt en naar de hoofdkelder afvoert, kleiner is dan 200 m², of als dit specifiek is toegestaan volgens het lozingschema en de afspraken voor het lozen van water, zoals overeengekomen met de rioolbeheerder en/of waterbeheerder.

Zowel voor een vuil-, schoon-, en hoofdvloeistofopslag wordt afgestemd met de waterbeheerder op welke locatie de pompinstallatie mag lozen. Over het algemeen wordt getracht het vuilwater te lozen in een riool aangesloten op een waterzuivering en het schoonwater uit een schoon- en hoofdvloeistofopslag te lozen op oppervlaktewater. De schoon- en hoofdvloeistofopslag dienen in normaal bedrijf steeds zoveel mogelijk leeg gehouden te worden. In het vuilvloeistofopslag kunnen vloeistoffen gedurende langere tijd worden gebufferd, en het lozen kan bijvoorbeeld plaatsvinden op momenten zonder neerslag, om overbelasting van de waterzuivering te voorkomen. De lozing van het vuilwater wordt geregeld via een overeengekomen lozingschema met de water- of rioolbeheerder. Dit schema omvat toegestane lozingspunten, lozingsdebieten, lozingstijdstippen, voorzuivering, en andere relevante aspecten. Het algemene idee is dat de vuilvloeistofopslag 1 keer om de 24 uur wordt leeggepomt. Voor de lozing van schoonwater worden eveneens afspraken gemaakt met de waterbeheerder.

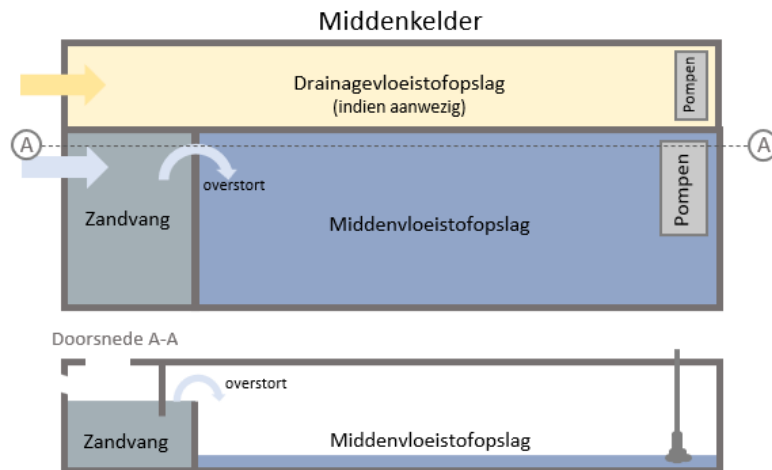
In een gescheiden hoofdkelder loopt vloeistof afkomstig uit de zandvang altijd eerst de vuilvloeistofopslag in, tot deze vol is. Vervolgens komt de overige vloeistof terecht in de schoonvloeistofopslag. Het systeem dat ervoor zorgt dat eerst de vuilvloeistofopslag volloopt en daarna pas de schoonvloeistofopslag, mag geen elektrische of bedienbare componenten bevatten die bij uitval of verkeerde bediening kunnen verhinderen dat beide vloeistofopslagen hun volledige ontworpen capaciteit (inclusief overcapaciteit) bereiken. Dit kan uitgevoerd worden met een overstort richting vuilvloeistofopslag en een hogere overstort richting schoonvloeistofopslag.

FE. B500-022 In een gescheiden hoofdkelder loopt vloeistof afkomstig uit de zandvang altijd eerst de vuilvloeistofopslag in, tot deze vol is. Vervolgens komt de overige vloeistof terecht in de schoonvloeistofopslag. Het systeem dat ervoor zorgt dat eerst de vuilvloeistofopslag volloopt en daarna pas de schoonvloeistofopslag, mag geen elektrische of bedienbare componenten bevatten die bij uitval of verkeerde bediening kunnen verhinderen dat beide vloeistofopslagen hun volledige ontworpen capaciteit (inclusief overcapaciteit) bereiken.

Vloeistoffen die vanuit de vuilvloeistofopslag naar de schoonvloeistofopslag vloeien dienen langs een duikschot te passeren om lichte drijvende vloeistoffen in de vuilvloeistofopslag te houden. Dit gebeurt voornamelijk doordat vloeistoffen uit de middenkelder rechtstreeks in de vuilvloeistofopslag worden gepompt.

FE. B500-023 Vloeistoffen die vanuit de vuilvloeistofopslag naar de schoonvloeistofopslag vloeien dienen langs een duikschot te passeren om lichte drijvende vloeistoffen in de vuilvloeistofopslag te houden.

2.8.2 MIDDENKELDER



Figuur 2-7: Schematische weergave indeling middenkelder

Een middenkelder (Zie Figuur 2-7) kan uitgevoerd worden met enkel een middenvloeistofopslag. Deze beschikt over een pompinstallatie die de vloeistof kan afvoeren naar ten minste één hoofdkelder. Wanneer er meerdere hoofdkelders aanwezig zijn in de tunnel, moet de vloeistof vanuit de middenvloeistofopslag zowel naar een hoofdkelder in de richting van oplopende hectometrering als naar een hoofdkelder in de richting van aflopende hectometrering afgevoerd kunnen worden. In de betreffende hoofdkelder dient deze vloeistof afgevoerd te worden naar de vuil- of hoofdvloeistofopslag. Door ervoor te zorgen dat de middenvloeistofopslag naar beide richtingen naar een hoofdkelder afgevoerd kan worden, wordt redundantie in het systeem gebracht. Bovendien kunnen tijdens een calamiteit, waarbij vanuit de middenkelder moet gepompt worden, de gevaarlijke stoffen afgevoerd worden naar de richting waar niet gevlucht wordt.

FE. B500-024 Een middenkelder beschikt over een middenvloeistofopslag. Deze dient een pompinstallatie te hebben die de vloeistof kan afvoeren naar ten minste één hoofdkelder. Indien er sprake is van meer dan één hoofdkelder in de tunnel, dan dient de vloeistof vanuit de middenvloeistofopslag zowel naar een hoofdkelder in de richting van oplopende hectometrering, en een hoofdkelder in de richting van aflopende hectometrering kunnen afgevoerd te worden. In de betreffende hoofdkelder dient deze vloeistof afgevoerd te worden naar de vuil- of hoofdvloeistofopslag.

Bij aanwezigheid van drainagewater in de middenkelder of grote hoeveelheden lekwater (wat in essentie grondwater is dat opgepompt wordt) wordt ook een drainagevloeistofopslag voorzien. Het drainagewater wordt afgevoerd richting de drainagevloeistofopslag van een hoofdkelder.

FE. B500-025 Bij aanwezigheid van drainagewater in de middenkelder of grote hoeveelheden lekwater (wat in essentie grondwater is dat opgepompt wordt) wordt een drainagevloeistofopslag voorzien. Het drainagewater wordt afgevoerd richting de drainagevloeistofopslag van een hoofdkelder. De drainagevloeistofopslag krijgt een overstort richting een andere opslag in de middenkelder.

2.8.3 HOOFD- EN MIDDENKELDER

Voor zowel een hoofd- als middenkelder geldt dat de minimale hoogte 2 m bedraagt. Deze hoogte maakt het mogelijk om werkzaamheden en reiniging van de put op een ergonomisch verantwoorde manier uit te voeren. Hoe groter de hoogte van een vloeistofkelder, hoe kleiner het verdampend oppervlak in de kelder. Hoewel de kans op een explosie in de kelder door andere maatregelen al beperkt wordt, is het belangrijk te vermijden dat het vloeistofoppervlak onnodig groot wordt. Leidingen of obstructies kunnen tegen het plafond geplaatst worden, zolang de zones die betreden worden tijdens inspecties en regelmatig onderhoud bereikbaar zijn via een looppad met een vrije hoogte van 2 m.

FE. B500-026 De minimale hoogte van een vloeistofkelder bedraagt 2 m. Alle zones die betreden worden tijdens inspecties en regelmatig onderhoud zijn bereikbaar via een looppad met een vrije hoogte van 2m.

Een vloeistofopslag dient waterdicht te zijn. Opgeslagen vloeistof mag niet lekken naar het grondwater of naar andere ruimtes in de tunnel. Een vloeistofkelder mag niet over een dilatatievoeg lopen; dit ter voorkoming van mogelijke aantasting van de voegconstructie door bepaalde gevaarlijke stoffen.

FE. B500-027 Een vloeistofopslag dient waterdicht te zijn. Opgeslagen vloeistof mag niet lekken naar het grondwater of naar andere ruimtes in de tunnel. Een vloeistofkelder mag niet over een dilatatievoeg lopen.

In een vloeistofkelder dienen obstakels zoals steunpilaren zo veel mogelijk vermeden te worden, indien zij strikt noodzakelijk zijn, bestaan ze uit ronde cilindervormige palen.

FE. B500-028 In een vloeistofkelder dienen obstakels zoals steunpilaren zo veel mogelijk vermeden te worden, indien zij strikt noodzakelijk zijn, bestaan ze uit ronde cilindervormige palen.

Er wordt hellingsbeton naar de pompen toe voorzien. De helling hiervan bedraagt minimaal 1 % en maximaal 2,5 %. Hoe groter de helling hoe meer slib in de richting van de pompen stroomt wat best vermeden wordt.

FE. B500-029 In een vloeistofkelder wordt hellingsbeton naar de pompen toe voorzien. De helling hiervan bedraagt minimaal 1 % en maximaal 2,5 %.

De rioolbuizen en de vloeistofkelders dienen gasdicht van elkaar gescheiden te worden met een waterslot. Een waterslot dient te voldoen aan de eisen in Tabel 2-2. Het maximum is gesteld omdat brandstoffen lichter zijn dan water en er dus overhoogte van brandstof nodig is om het waterslot te laten lopen. De voorkeur gaat uit naar een hoogte van het waterslot van 500 mm. Om na te gaan of voldoende overhoogte voorzien is, wordt gerekend met een lichte vloeistof met een dichtheid van maximaal 850 kg/m³. Een te laag waterniveau in een waterslot wordt steeds voorkomen. Na een onderhoud wanneer het waterslot uitgekuist wordt is het belangrijk dat dit terug gevuld wordt, een afnamepunt van water wordt hiervoor voorzien. Indien blijkt dat een waterslot in een normale toestand niet steeds gegarandeerd kan worden dan wordt een automatisch bijvulstelsel geplaatst, dat bestaat uit een niveaumeter gekoppeld aan een afsluiter, of wordt het waterslot voorzien van een niveaumeting met een automatische melding.

Tabel 2-2: Minimum en maximum eisen voor ontwerp watersloten

	Hoofdkelder	Middenkelder
Minimumhoogte waterslot	500 mm	200 mm
Maximumhoogte waterslot	1000 mm	
Minimale doorstroomoppervlakte	1 m ²	0,3 m ²

FE. B500-030 De rioolbuizen en de vloeistofkelders dienen gasdicht van elkaar gescheiden te worden met een waterslot. Een waterslot van een hoofdkelder heeft een minimum hoogte van 500 mm en doorstroomoppervlakte groter dan 1 m². Een waterslot van een middenkelder heeft een minimumhoogte van 200 mm en een doorstroomoppervlakte groter dan 0,3 m². De maximumhoogte van een waterslot is 1000 mm.

Om na te gaan of voldoende overhoogte voorzien is, wordt gerekend met een lichte vloeistof met een dichtheid van maximaal 850 kg/m³.

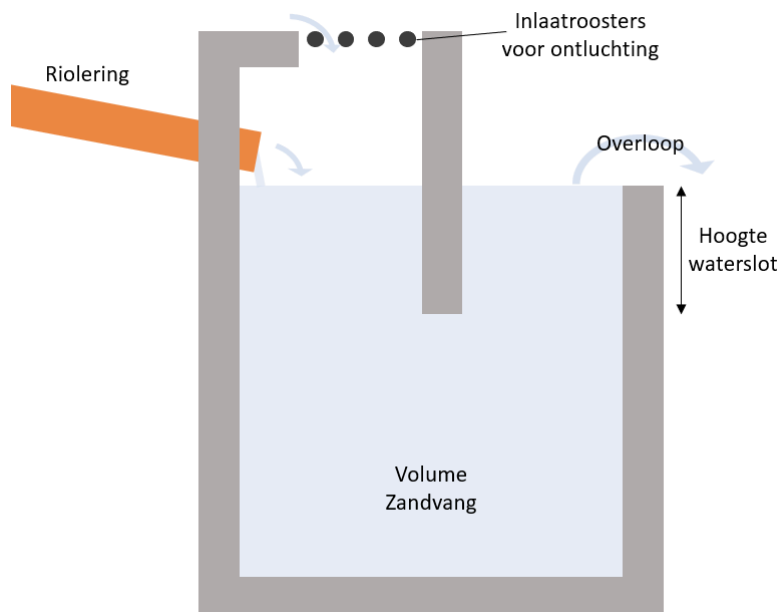
Een te laag waterniveau in een waterslot wordt steeds voorkomen.

Elke vloeistofkelder dient voorzien te worden van een zandvang waar alle vloeistofstromen in toekomen. De enige uitzondering hierop is de afvoer van een middenkelder, die direct in de vuilvloeistofopslag of hoofdvloeistofopslag uitmondt. De zandvang kan vaak zo ingericht worden dat deze dienst doet als waterslot. Zie [paragraaf 2.9 'Zandvang en KWS-afscheider'](#) voor de dimensionering van een zandvang.

FE. B500-031 Elke vloeistofkelder dient voorzien te worden van een zandvang waar alle vloeistofstromen in toekomen.

De enige uitzondering hierop is de afvoer van een middenkelder, die direct in de vuilvloeistofopslag of hoofdvloeistofopslag uitmondt. De zandvang kan vaak zo ingericht worden dat deze dienst doet als waterslot.

In onderstaande figuur wordt een voorbeeld gegeven van een combinatie van een zandvang en een waterslot. De inlaatroosters bovenaan zorgen voor extra afvoercapaciteit van vloeistof, voor ontluchting (zie hoofdstuk Goten en inlaatputten) en zorgen voor toegang tot de zandvang voor onderhoud.



Figuur 2-8: Voorbeeld van een combinatie zandvang en waterslot

Op de aanvoerleiding naar een pompkelder wordt een wandafsluiter met spindelbediening en spindelpot geplaatst. Deze wandafsluiter maakt het mogelijk, ook bij lichte neerslag, de vloeistofopslag volledig droog te pompen om bepaalde onderhoudstaken te kunnen uitvoeren. Indien geen wandafsluiter aanwezig zou zijn, moet een ballon opgeblazen worden in de aanvoerleiding. Maar de ballon sluit de leiding vaak niet perfect, of komt los door de hoge druk, wat een onveilige situatie oplevert.

FE. B500-032 Op de aanvoerleiding naar een pompkelder wordt een wandafsluiter met spindelbediening en spindelpot geplaatst. Deze wandafsluiter maakt het mogelijk, ook bij lichte neerslag, de vloeistofopslag volledig droog te pompen om bepaalde onderhoudstaken te kunnen uitvoeren.

Een vloeistofopslag dient gebruik te maken van een ontluuchtings- en beluchtingssysteem, om de druk in de ruimte gelijk te houden zodat er vloeistof kan binnenkomen of weggepompt kan worden. Het ontluuchtings- en beluchtingssysteem dient uitgevoerd te worden met een buis die geen ventilatoren of andere elektrische systemen bevat. Deze buis verbindt de vloeistofopslag met het maaiveld of de voertuigkoker. De buis dient zo gedimensioneerd te zijn dat er voldoende drukverschil is tussen de in- en uitlaat om de vereiste luchtstroming te bewerkstelligen. In de vloeistofopslag komt de buis bovenaan uit op een hoogte boven het hoogste vloeistofpeil, de afstand tot de toegangsluiken wordt zo groot mogelijk gehouden.

De buis dient bij voorkeur op het maaiveld uit te komen met een verluchtingspijp in roestvrij staal (RVS) zoals beschreven door Aquafin: 'Verluchtingspijpen in RVS: Typedetail 013 (bis)'. Indien dit (economisch) niet haalbaar is vanwege de afstand tussen de vloeistofopslagruimte en het maaiveld, zoals in het geval van een vloeistofopslagruimte in het midden van een onderwatertunnel, kan hiervan worden afgeweken. In dat laatste geval zijn de volgende eisen van toepassing:

- De uitgang van de buis dient zo hoog mogelijk in een voertuigkoker te worden aangebracht. De uitgang mag in geen enkel geval uitkomen in het middentunnelkanaal.
- Er dient een vlamdover te worden gebruikt op de uitgang van de buis.
- Metalen delen van het ontluuchtings/beluchtingssysteem dienen te worden geaard (dit is overigens een eis voor alle metalen delen in een tunnel).

FE. B500-033 Een vloeistofopslag dient gebruik te maken van een ontluuchtings- en beluchtingssysteem. Dit systeem dient uitgevoerd te worden met een buis die geen ventilatoren of andere elektrische systemen bevat en de vloeistofopslag verbindt met het maaiveld of de voertuigkoker. De buis dient zo gedimensioneerd te zijn dat het drukverschil aan de ingang en de uitgang voldoende is om de benodigde luchtstroming te realiseren. In de vloeistofopslag komt de buis bovenaan uit op een hoogte boven het hoogste vloeistofpeil, de afstand tot de toegangsluiken wordt zo groot mogelijk gehouden.

De buis dient bij voorkeur op het maaiveld uit te komen met een verluchtingspijp in roestvrij staal (RVS) zoals beschreven door Aquafin: 'Verluchtingspijpen in RVS: Typedetail 013 (bis)'. Indien dit (economisch) niet haalbaar is vanwege de afstand tussen de vloeistofopslagruimte en het maaiveld, zoals in het geval van een vloeistofopslagruimte in het midden van een onderwatertunnel, kan hiervan worden afgeweken. In dat laatste geval zijn de volgende eisen van toepassing:

- De uitgang van de buis dient zo hoog mogelijk in een voertuigkoker te worden aangebracht.
- Er dient een vlamdoover te worden gebruikt op de uitgang van de buis.
- Metalen delen van het ontluuchtings/beluchtingssysteem dienen te worden geaard.

Apparatuur in een vloeistofopslagruimte (zowel boven als onder het vloeistofniveau) moet geschikt zijn voor gebruik in ATEX zone 1, zoals gespecificeerd in de norm NBN EN IEC 60079-10.⁶ Zone 1 is een plaats waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht, onder normaal bedrijf waarschijnlijk af en toe aanwezig kan zijn. Deze eis heeft als doel het risico van ontsteking van een aanwezig ontplofbaar dampmengsel te verlagen.

FE. B500-034 Apparatuur in een vloeistofopslagruimte (zowel boven als onder het vloeistofniveau) dient geschikt te zijn voor gebruik in ATEX zone 1 conform NBN EN IEC 60079-10 'Explosieve atmosferen - deel 10: classificatie van gebieden - explosieve gasatmosferen'. Zone 1 is een plaats waar een explosieve atmosfeer, bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht, onder normaal bedrijf waarschijnlijk af en toe aanwezig kan zijn.

2.9 ZANDVANG EN KWS-AFSCHIEDER

Een zandvang wordt voorzien in elke pompkelder. Een of meerdere KWS-afschieder(s) worden voorzien zodat vloeistoffen die vanuit een vuil- of hoofdvloeistofopslag afgevoerd worden minstens één KWS-afschieder passeren. Het dimensioneren van beide voorzieningen is hieronder beschreven.

FE. B500-035 Een zandvang wordt voorzien in elke pompkelder. Een of meerdere KWS-afschieder(s) worden voorzien zodat vloeistoffen die vanuit een vuil- of hoofdvloeistofopslag afgevoerd worden minstens één KWS-afschieder passeren.

2.9.1 ZANDVANG

Een zandvang wordt voorzien op de locatie waar de vloeistoffen de vloeistofkelder instromen om daar het zand en slib zoveel mogelijk te verzamelen zodat deze van hieruit kunnen worden verwijderd en de pompen dus niet bereiken.

⁶ Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2021). Explosieve atmosferen - Deel 10-1: Classificatie van gebieden - Explosieve gasatmosferen (NBN EN IEC 60079-10-1:2021). NBN.

De dimensionering van de zandvang gebeurt aan de hand van de Europese normen NBN EN 858-1⁷ en NBN EN 858-2⁸ en gebruikt minimaal het totaal afstromend debiet van een frequentiebui f7 (7 keer per jaar voorkomende bui). De f7 kan bepaald worden aan de hand van de IDF-relaties uit de 'Code van goede praktijk voor het ontwerp van rioleringsystemen' (2012). Hierbij dient wel de f7 gebruikt worden die rekening houdt met klimaatverandering. Als vuistregel kan een extra toename in rekening gebracht worden voor de klimaatverandering ten opzichte van de f7 van 20,5 mm/uur of 57 l/s/ha zoals beschreven in de code van goede praktijk. Deze toename kan ingeschat worden als ongeveer 40 %, waardoor met een debiet van 80 l/s/ha kan gerekend worden. Grotere debieten moeten verwerkt kunnen worden zonder stroomopwaarts voor wateroverlast te zorgen, maar bij deze grotere debieten zal er wel meer slib en zand de pompen bereiken.

FE. B500-036 De dimensionering van de zandvang gebeurt aan de hand van de Europese normen NBN EN 858-1 en NBN EN 858-2 en gebruikt minimaal het totaal afstromend debiet van een frequentiebui f7 (7 keer per jaar voorkomende bui) rekening houdende met de klimaatverandering. Grotere debieten moeten verwerkt kunnen worden zonder stroomopwaarts voor wateroverlast te zorgen, maar bij deze grotere debieten zal er wel meer slib en zand de pompen bereiken.

In een middenkelder komen geen grote stromen hemelwater toe, maar zowel het kuiswater als het hemelwater dat via de voertuigen naar binnen gebracht wordt, bevat een vrij hoge hoeveelheid slib. Voor de middenkelder dient rekening te worden gehouden met minimaal een debiet van 66,6 l/s. Deze minimale waarde is vastgelegd op basis van een blusdebiet van 4000 l/min, maar wordt ook gebruikt indien het blusdebiet hiervan afwijkt. Een middenkelder is de locatie waar de hoogste concentratie slib wordt verwacht. Hierdoor is het van groot belang dat de zandvang in de middenkelder ruim genoeg wordt gedimensioneerd om het slib effectief op te vangen.

FE. B500-037 De dimensionering van de zandvang van de middenkelder gebruikt minimaal een debiet van 66,6 l/s.

2.9.2 KWS-AFSCHIEDER

De dimensionering van de KWS-afscheider gebeurt aan de hand van de Europese normen NBN EN 858-1 en NBN EN 858-2. Er wordt steeds gebruikgemaakt van een KWS-afscheider met coalescentiefilter waarbij een maximaal restoliegehalte van 5 mg/L (klasse I) gegarandeerd wordt. Voor de dimensionering van de vet- en zandvang dient men rekening te houden met een lichte vloeistof met een dichtheid van maximaal 850 kg/m³ (fd = 1). Een automatisch sluitingsmechanisme wordt niet gevraagd, automatische waarschuwingen worden wel doorgegeven indien de hoeveelheid lichte vloeistof groot wordt. De norm legt daarnaast ook op dat de KWS-afscheider minstens elke 6 maanden geïnspecteerd wordt en minstens elke 5 jaar geëleegd wordt en geheel gecontroleerd.

FE. B500-038 De dimensionering van de KWS-afscheider gebeurt aan de hand van de Europese normen NBN EN 858-1 en NBN EN 858-2. Er wordt steeds gebruikgemaakt van een KWS-afscheider met coalescentiefilter waarbij een maximaal restoliegehalte van 5 mg/L (klasse I) gegarandeerd wordt. Voor de dimensionering van de vet- en zandvang dient men rekening te houden met een lichte vloeistof met een dichtheid van maximaal 850 kg/m³ (fd = 1).

De voorkeur gaat uit naar een KWS-afscheider die stroomafwaarts van de pompen vanuit de vuil- of hoofdvloeistofopslag wordt geplaatst. Op die manier is het debiet beperkt en kan de KWS-afscheider optimaal

⁷ Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2002). *Scheidingssystemen voor lichte vloeistoffen (bijv. Olie en benzine) – Deel 1: Principes van productontwerp, prestaties en testen, markering en kwaliteitscontrole (NBN EN 858-1:2002)*

⁸ Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2003). *Afscheiders voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en benzine) - Deel 2: Bepaling van nominale afmeting, installatie, functionering en onderhoud (NBN EN 858-2:2003)*

gedimensioneerd worden. Door de vloeistoffen eerst te verpompen voordat ze door de KWS-afscheider gaan, zullen de koolwaterstoffen (vb. olie) in kleinere druppels verdeeld worden. Hierdoor verlaagt de efficiëntie van de KWS-afscheider. Stroomafwaarts van de KWS-afscheider in deze opstelling worden de vloeistoffen gravitair afgevoerd. De KWS-afscheider wordt minstens gedimensioneerd op basis van het verwachte pompdebiet (exclusief reservepomp), indien mogelijk wordt extra capaciteit voorzien zodat de verlaagde efficiëntie door de pompen gecompenseerd wordt.

FE. B500-039 Een KWS-afscheider die stroomafwaarts van de pompen vanuit de vuil- of hoofdvloeistofopslag wordt geplaatst, wordt minstens gedimensioneerd op basis van het verwachte pompdebiet (exclusief reservepomp). Indien mogelijk wordt extra capaciteit voorzien zodat de verlaagde efficiëntie door de pompen gecompenseerd wordt.

Indien de ruimte beschikbaar is kan een KWS-afscheider ook in de vloeistofkelder geplaatst worden. In dat geval stroomt het water dat uit de zandvang komt eerst door de KWS-afscheider en loopt zo verder naar de vuil- of hoofdvloeistofopslag. Hierdoor kan de koolwaterstof gescheiden worden alvorens de turbulentie van de pompen voor kleinere druppels zorgt. In dat geval gebeurt de dimensionering van de KWS-afscheider met dezelfde debiet als de zandvang.

FE. B500-040 Een KWS-afscheider die tussen de zandvang en de vuil- of hoofdvloeistofopslag wordt geplaatst, wordt minstens gedimensioneerd op basis van hetzelfde debiet als de zandvang.

Een KWS-afscheider mag geen obstructie vormen bij uitzonderlijk grote debieten. Er moet een *bypass* worden voorzien of het doorstroomoppervlak moet rekening houden met deze situatie. Ook een verstopping van de coalescentiefilter mag niet tot een te klein doorstroomoppervlak leiden.

FE. B500-041 Een KWS-afscheider mag geen obstructie vormen bij uitzonderlijk grote debieten. Er moet een *bypass* worden voorzien of het doorstroomoppervlak moet rekening houden met deze situatie. Ook een verstopping van de coalescentiefilter mag niet tot een te klein doorstroomoppervlak leiden.

Indien een KWS-afscheider zich niet in de vloeistofkelder bevindt, wordt deze ontworpen als een gesloten systeem en is via toegangsluiken aan de bovenzijde toegankelijk voor onderhoud.

FE. B500-042 Indien een KWS-afscheider zich niet in de vloeistofkelder bevindt, wordt deze ontworpen als een gesloten systeem en is via toegangsluiken aan de bovenzijde toegankelijk voor onderhoud.

2.10 TOEGANG VLOEISTOFKELDER

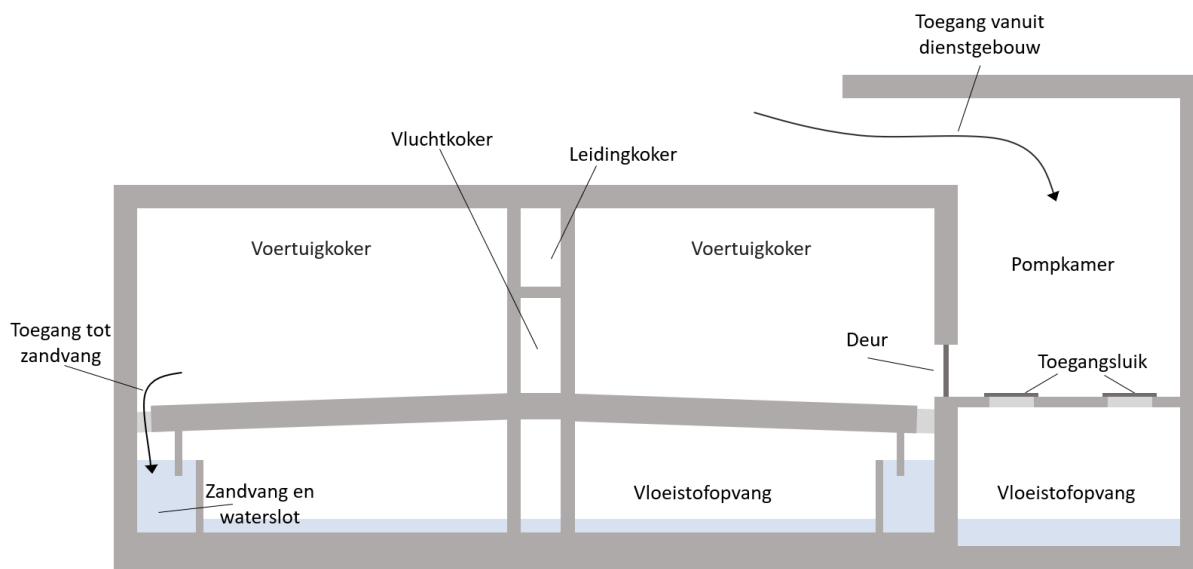
Een vloeistofkelder moet toegankelijk zijn zodat inspectie, reiniging en onderhoud mogelijk is. Een vloeistofkelder is bereikbaar voor inspectie en klein onderhoud zonder het verkeer te moeten onderbreken. Naast de toegankelijkheid voor personeel moeten ook grote onderdelen, zoals pompen, kunnen worden vervangen. In dit geval is het toegestaan om het verkeer tijdelijk te onderbreken.

FE. B500-043 Een vloeistofkelder is bereikbaar voor inspectie en klein onderhoud zonder het verkeer te moeten onderbreken. Naast de toegankelijkheid voor personeel moeten ook grote onderdelen, zoals pompen, kunnen worden vervangen. In dit geval is het toegestaan om het verkeer tijdelijk te onderbreken.

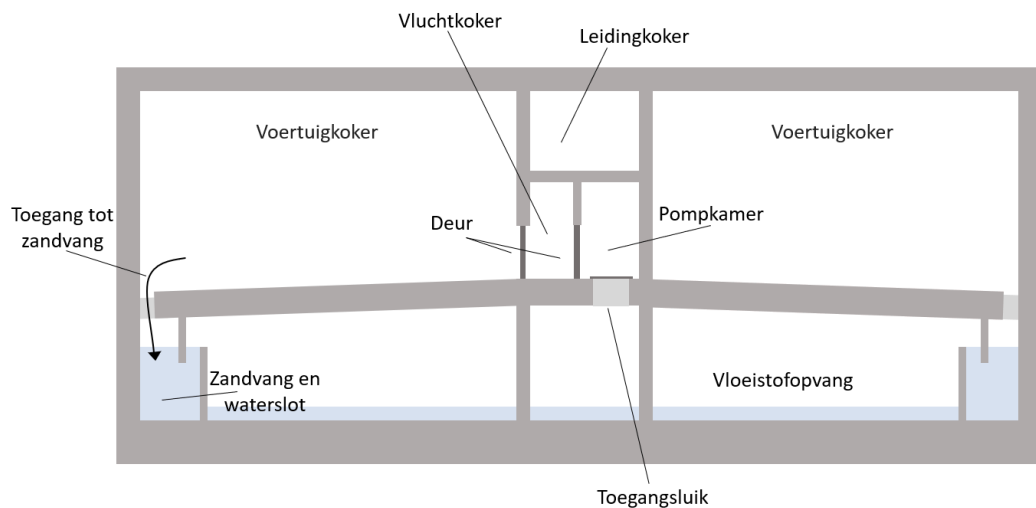
Een vloeistofkelder beschikt over minimaal twee onafhankelijke toegangsluiken. Het luik voor toegang tot de vloeistofkelder en het luik voor het ophalen van de pompen mag niet worden gecombineerd. Luiken in het wegdek (incl. pechstrook en redresseerstrook) of fietspad worden niet toegestaan.

FE. B500-044 Een vloeistofkelder beschikt over minimaal twee onafhankelijke toegangsluiken. Het luik voor toegang tot de vloeistofkelder en het luik voor het ophalen van de pompen mag niet worden gecombineerd. Luiken in het wegdek (incl. pechstrook en redresseerstrook) of fietspad worden niet toegestaan.

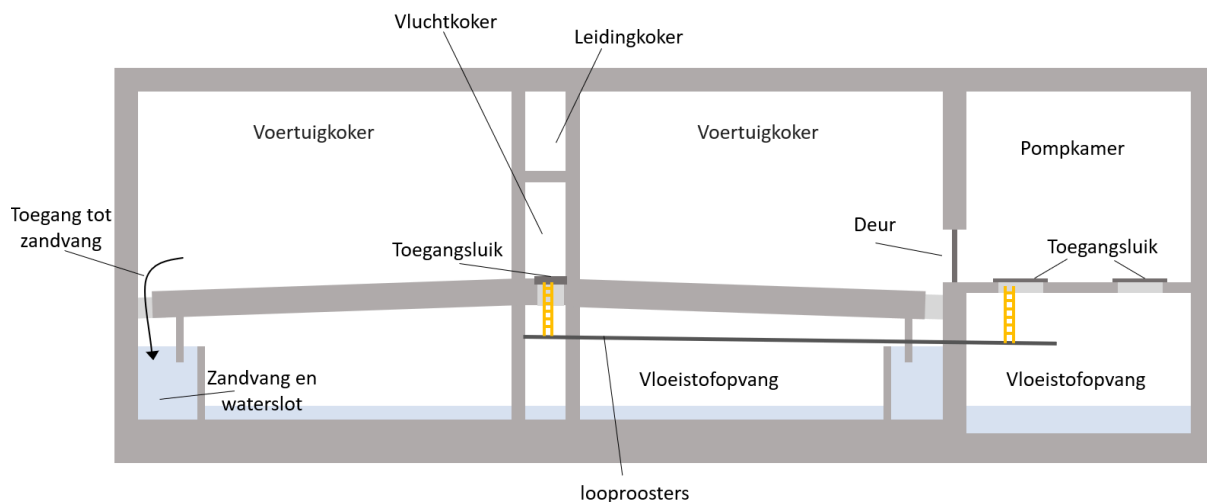
Om aan bovenstaande eisen te kunnen voldoen zijn verschillende indelingen mogelijk voor een vloeistofkelder. Het meest eenvoudig in gebruik is een pompkamer die naast de tunnel voorzien wordt met een toegang van bovenaf (uit het dienstgebouw) zoals in Figuur 2-9. De toegang voor inspecties en klein onderhoud is in dat geval rechtstreeks van bovenaf (uit het dienstgebouw). Grote wisselstukken kunnen via een deur tussen de voertuigkoker en de pompkamer binnengebracht worden. Deze optie verkiest vaak de voorkeur voor de grote vloeistofkelders aangezien er dan meer ruimte beschikbaar is voor de pompkamer met hierin alle persleidingen en appendages zoals beschreven in §3.3. Indien er voldoende ruimte beschikbaar is tussen de 2 voertuigkokers kan de vluchtkoker plaatselijk vernauwd worden (tot minimaal 1,2 m) om de pompkamer een plaats te geven zoals in Figuur 2-10, het vluchtproces mag hierdoor wel niet sterk nadelig beïnvloed worden. In dat geval zijn inspecties en klein onderhoud mogelijk via de vluchtkoker, die op zijn beurt toegankelijk is vanuit het dienstgebouw. Grote wisselstukken kunnen via een deur tussen de voertuigkoker en de vluchtkoker binnengebracht worden tijdens een onderhoudssluiting. Indien ruimte beschikbaar is naast de tunnel kan de pompkamer ook hier voorzien worden zoals in Figuur 2-9. Een middenkelder zal vaker uitgevoerd worden zoals Figuur 2-10 aangezien een middenkelder veel kleiner is, al is een andere indeling ook mogelijk indien er een gang boven of onder de voertuigkoker voorzien wordt die de pompkamer met de leidingkoker of vluchtkoker verbindt (zie Figuur 2-11).



Figuur 2-9: Een mogelijke indeling van de vloeistofkelder met toegang via het dienstgebouw en de voertuigkoker



Figuur 2-10: Een mogelijke indeling van de vloeistofkelder met rechtstreekse toegang via de vluchtkoker en de voertuigkamer



Figuur 2-11: Een mogelijke indeling van de vloeistofkelder met onrechtstreekse toegang via de vluchtkoker en de voertuigkamer

Indien mogelijk wordt het vloerniveau van de pompkamer hoger voorzien dan het wegdek. Op deze manier zal bij het overlopen van de vloeistofopvang gebruikgemaakt kunnen worden van een extra buffer op het wegdek, alvorens pompen kunnen uitvallen door het hoge water.

Indien ladders gebruikt worden om een hoogteverschil (*total height*) groter dan 3 m te overbruggen, zijn deze voorzien van een veiligheidskooi en dienen ontworpen te worden volgens NBN EN ISO 14122-4.⁹ In pompkelders is het maximale hoogteverschil dat met één doorlopend ladderdeel wordt uitgevoerd 4,5 m. Deze strengere eis in vergelijking met de NBN-norm wordt ingevoerd vanwege de vochtige omgeving in pompkelders. Indien het hoogteverschil groter is dan 4,5 m worden een of meerdere bordessen voorzien waarbij de ladders telkens verspringen. De afstand tussen de bordessen is maximaal 4 m (*height of ladder flight*) en de minimum doorgang onder het bordes is minimaal 2,1 m. Het bordes wordt indien mogelijk boven het maximale waterniveau geplaatst. Een veiligheidssoog om onderhoudspersoneel te beveiligen met behulp van persoonlijk valbeschermingsmateriaal is niet toegestaan, omdat de kans groot is dat in de praktijk het persoonlijke valbeschermingsmateriaal niet of niet correct wordt gebruikt.

⁹ Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2016). Veiligheid van machines - Permanente toegangsmiddelen tot machines - Deel 4: Vaste ladders (NBN EN ISO 14122-4:2016). NBN.

FE. B500-045 Indien ladders gebruikt worden om een hoogteverschil (*total height*) groter dan 3 m te overbruggen, zijn deze voorzien van een veiligheidskooi en dienen ontworpen te worden volgens NBN EN ISO 14122-4. In pompkelders is het maximale hoogteverschil dat met één doorlopend ladderdeel wordt uitgevoerd 4,5 m. Indien het hoogteverschil groter is dan 4,5 m worden een of meerdere bordessen voorzien waarbij de ladders telkens verspringen. De afstand tussen de bordessen is maximaal 4 m (*height of ladder flight*) en de minimum doorgang onder het bordes is minimaal 2,1 m. Het bordes wordt indien mogelijk boven het maximale waterniveau geplaatst. Een veiligheidsoog om onderhoudspersoneel te beveiligen met behulp van persoonlijk valbeschermingsmateriaal is niet toegestaan, omdat de kans groot is dat in de praktijk het persoonlijke valbeschermingsmateriaal niet of niet correct wordt gebruikt.

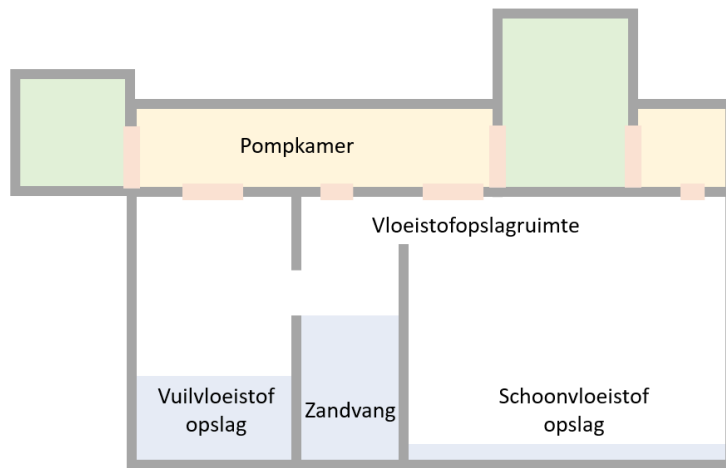
Elke vloeistofopvang, elke zandvang en elk waterslot dient toegankelijk te zijn voor onderhoudsdoeleinden. Tijdens dit onderhoud worden de vloeistoffen en het achtergebleven slib verwijderd met een zuigwagen. Zowel de zuigdiepte als de lengte van de zuigleiding kunnen bepalend zijn of dit onderhoud haalbaar is met een zuigwagen. Vanaf een zuigdiepte van meer dan 6 m dient aangetoond te worden dat een zuigwagen de vloeistoffen en het slib kan afvoeren.

FE. B500-046 Elke vloeistofopvang, elke zandvang en elk waterslot dient toegankelijk te zijn voor onderhoud met een zuigwagen. Vanaf een zuigdiepte van meer dan 6 m dient aangetoond te worden dat een zuigwagen de vloeistoffen en het slib kan afvoeren.

2.11 GRENSRUIMTE

Elke ruimte die via een toegangsluik of een niet-luchtdichte verbinding in connectie staat met een vloeistofopslagruimte, wordt een 'grensruimte' genoemd en wordt permanent in overdruk gebracht (Zie Figuur 2-12). In een vloeistofkelder is de kans namelijk groot dat giftige of brandbare dampen zich opstapelen. Door een grensruimte permanent in overdruk te brengen, kunnen dampen zich niet verder in de tunnel en het dienstgebouw verspreiden. Onderstaande figuur geeft schematisch weer wanneer een ruimte als grensruimte moet gedimensioneerd worden. Hierbij wordt ieder toegangsluik gezien als niet geheel luchtdicht, ook al wordt dit door de leverancier vooropgesteld. Een vloeistofopslagruimte mag wel via een toegangsluik bereikbaar zijn vanuit de open ruimte op het maaiveld, zonder dat deze open ruimte aanzien wordt als een grensruimte. Een voertuigkoker, vluchtkoker of dwarsverbinding mag nooit een grensruimte zijn. Een correct uitgevoerd waterslot doet dienst als een luchtdichte verbinding, waardoor dit waterslot rechtstreeks vanuit de voertuigkoker toegankelijk mag zijn.

FE. B500-047 Elke ruimte die via een toegangsluik of een niet luchtdichte verbinding in connectie staat met een vloeistofopslagruimte wordt een grensruimte genoemd en wordt permanent in overdruk gebracht. Een voertuigkoker, vluchtkoker of dwarsverbinding mag nooit een grensruimte zijn.



Legende:

- : niet geheel dampdichte verbinding/toegang
- : grensruimte
- : geen grensruimte
- : vloeistof

Figuur 2-12: Schematische weergave (zijaanzicht) van grensruimtes in een vloeistofkelder

Een grensruimte wordt gescheiden van omringende ruimtes (doorvoeren afdichten, drangers op de deuren) zodat gaten en kieren beperkt blijven. De toegangsluiken worden luchtdicht uitgevoerd. De veronderstelling dat deze niet luchtdicht zijn, komt vooral voort uit de mogelijkheid dat ze na verloop van tijd niet meer volledig afsluiten of verkeerd worden afgesloten.

FE. B500-048 Een grensruimte dient zo goed mogelijk gescheiden te zijn van omringende ruimtes (doorvoeren dichtmaken, drangers op de deuren). De toegangsluiken worden luchtdicht uitgevoerd.

Apparatuur die zich in een grensruimte bevindt, zoals bijvoorbeeld een pompkamer, moet geschikt zijn voor gebruik in ATEX zone 2 volgens de norm NBN EN IEC 60079-10 betreffende de indeling van gevaarlijke zones met betrekking tot explosiegevaar.¹⁰ Zone 2 verwijst naar een locatie waar onder normaal bedrijf geen explosieve atmosfeer (bestaande uit een mengsel van brandbare stoffen in de vorm van gas, damp of nevel met lucht) aanwezig is, maar als dit toch het geval is, dan is dit van korte duur. Schakelapparatuur mag niet in een grensruimte worden aangebracht.

FE. B500-049 Apparatuur in een grensruimte (bijvoorbeeld een pompkamer) dient geschikt te zijn voor gebruik in zone ATEX 2 conform NBN EN IEC 60079-10 'Gevarenzone-indeling met betrekking tot explosiegevaar'. Schakelapparatuur mag niet in een grensruimte worden aangebracht.

2.12 BEDIENING BESTURING EN BEWAKING

Er zijn geen componenten in de vloeistofopvang opgenomen die bedienbaar, bestuurbaar of te bewaken zijn.

¹⁰ Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2021). Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive gas atmospheres (NBN EN IEC 60079-10-1:2021). NBN.

2.13 RAAKVLAKEISEN

Hierin komen de eisen die in andere hoofdstukken van de Vlaamse Tunnelrichtlijn worden vastgelegd, maar die een relevant raakvlak hebben met de vloeistofopvang of de vloeistofafvoer. Enkel de effectieve functionele eisen worden hier overgenomen, voor meer toelichting wordt verwezen naar het desbetreffende hoofdstuk. Indien er een discrepantie bestaat tussen de eisen hier overgenomen en de oorspronkelijke eis, geldt steeds de oorspronkelijke eis.

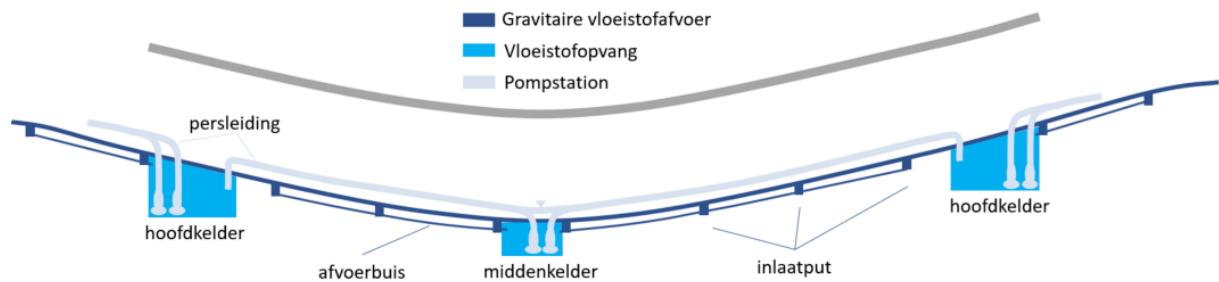
3 VLOEISTOF AFVOER (C350)

3.1 OMSCHRIJVING

De vloeistofafvoer in een tunnel bestaat uit:

- pompstation(s) die de vloeistoffen oppompen en verder afvoeren.

Een pompstation zelf bestaat uit meerdere pompen, persleidingen en appendages, peilmeetinstallaties en mogelijk extra filters en een KWS-afscheider. Figuur 3-1 geeft het gehele vloeistofafvoersysteem weer waar de pompstations (vloeistofafvoer) deel van uitmaken.



Figuur 3-1: Schets met de componenten van het vloeistofafvoersysteem in een tunnel

De primaire functie van vloeistofafvoer is het afvoeren van de vloeistoffen die opgevangen worden door de vloeistofopslag. Hierdoor wordt de vorming van waterplassen op de weg voorkomen, wordt verhinderd dat brandbare of giftige stoffen die op het wegdek komen zich significant verspreiden in de voertuigkoker en wordt bluswater, waswater en drainagewater op een correcte manier afgevoerd.

De pompinstallatie kan de vloeistoffen rechtstreeks afvoeren naar de omgeving of de riool, maar kan ook vertraagd afvoeren door middel van infiltratie- of buffervoorzieningen bovengronds.

Het vloeistofafvoersysteem van een tunnel bevat over het algemeen meerdere vloeistofkelders, elk met minstens één, of in het geval van scheiding tussen schone en vuile vloeistoffen, minstens twee vloeistofopslagruimtes. Elke opslag heeft zijn eigen pompstation. De pompen voeren de vloeistof af uit een opslag door middel van afvoerleidingen, gebaseerd op het waargenomen vloeistofniveau dat door de niveaumeter wordt gemeten. De mogelijke regimes zijn verschillend per type opslag en zijn weergegeven in Tabel 3-1. Een beschrijving van de verschillende regimes wordt gegeven in §3.4 'Bediening'. Pompen kunnen ook individueel bediend worden, bijvoorbeeld voor onderhoudsdoeleinden of in geval van storingen.

Tabel 3-1: Te ondersteunen regimes van een pompstation afhankelijk van het type vloeistofopslag

	Uit	Bergen	Lozingsschema	Leeghouden
Middenvloeistofopslag	X	X		X
Vuilvervloeistofopslag	X		X	
Schoonvloeistofopslag	X	X		X
Hoofdvloeistofopslag	X	X		X
Drainagevloeistofopslag	X			X

3.1.1 KLIMAATVERANDERING EN ACHTERGROND DIMENSIONERING POMPSTATION

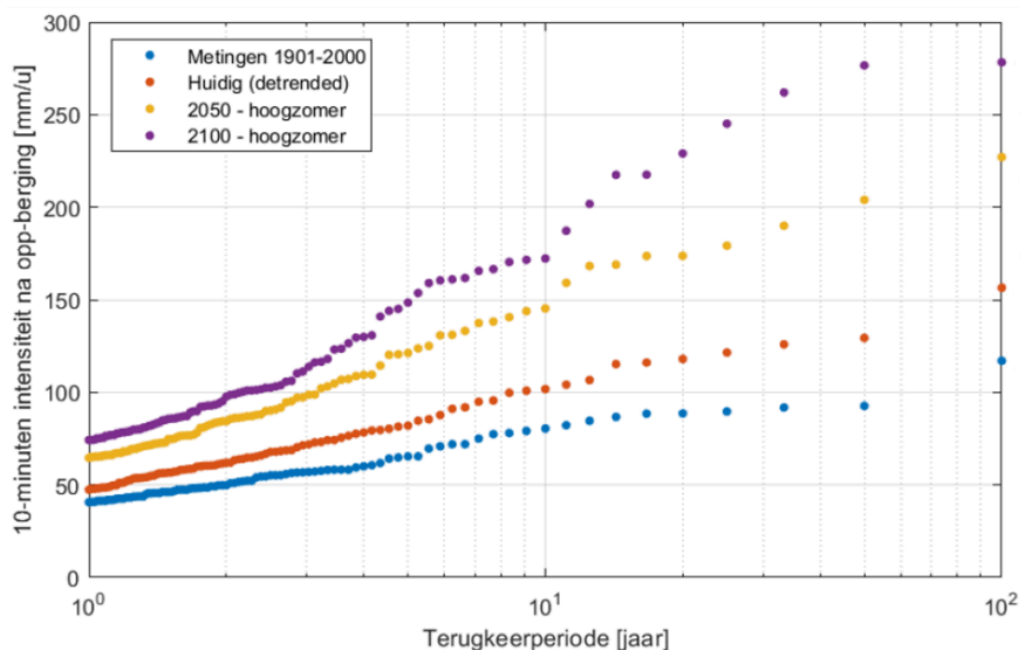
Een pompstation wordt ontworpen om wateroverlast in een tunnel te vermijden. Water op straat kan een veiligheidsprobleem opleveren wanneer bestuurders hierdoor verrast worden. Daarnaast kan het ook leiden tot

tijdelijke onbeschikbaarheid van de weg. Omdat een tunnel uitgerust wordt met veel technische installaties, die noodzakelijk zijn om een tunnel open te houden, kan schade aan deze installaties resulteren in een langdurige sluiting van de tunnel en aanzienlijke reparatiekosten met zich meebrengen.

Boven een vloeistofkelder bevinden zich mogelijk lokalen en ruimtes waarin apparatuur staat waarmee onder andere de pompen worden aangestuurd. Indien elektrische componenten uitvallen door een beperkte wateroverlast, kan het zijn dat de pompen in hun geheel niet meer werken. In dat geval kan het waterniveau zeer snel stijgen, met enorme schade tot gevolg. Indien een hoofdkelder overloopt richting een middenkelder dewelke hier niet op voorzien wordt, zal deze middenkelder snel zijn maximale capaciteit overschrijden. De extra investering die momenteel nodig is om een grotere vloeistofkelder te voorzien, zal hoogstwaarschijnlijk kleiner zijn dan de mogelijke gevolgen van een overstrooming.

Daarnaast is ook de klimaatverandering relevant bij tunnels. Een tunnel wordt ontworpen voor een lange levensduur, en de vloeistofkelders zitten normaal gezien op locaties waar uitbreidingen en aanpassingen moeilijk te realiseren zijn. Wolfs et al. (2018)¹¹ stellen dat klimaatverandering nattere winters en drogere zomers brengt, maar met meer intense neerslag. Intense en vaak kortdurende buien die tot rioleringsoverstroomingen leiden, zullen nog intenser worden en bovendien frequenter voorkomen. De overstort- en overstroomingsproblematiek van rioleringen zal daardoor toenemen.

Het voorspellen van klimaatverandering in de toekomst gaat uiteraard gepaard met onzekerheden. Daardoor kan rekening worden gehouden met verschillende klimaatscenario's. Voor onderzoek naar rioleringsoverstroomingen wordt doorgaans gewerkt met het 'hoogzomer'-scenario. Een voorspelling is opgemaakt voor het jaar 2050 en 2100. Op Figuur 3-2 is duidelijk te zien dat de klimaatverandering een grote impact heeft op de intensiteit, voornamelijk voor een grote terugkeerperiode. Het is echter momenteel nog onduidelijk wat de intensiteit in het jaar 2050 of 2100 effectief zal zijn. Waarschijnlijk zal deze ergens tussen de voorspellingen voor hoogzomer en het huidige klimaat liggen. Wolfs et al. (2018) geven aan dat rioleringen, en dus zeker ook tunnels, een lange levensduur hebben, waardoor het belangrijk is om met toekomstige evoluties rekening te houden.



Figuur 3-2: 10-minuten neerslagintensiteiten voor de metingen 1901-2000 in Ukkel, de huidige gedetrende Ukkelreeks en de intensiteiten in het hoogzomer klimaatscenario 2050 en 2100 (Wolfs et al., 2018)

¹¹ Wolfs, V., Ntegeka, V., Willems, P., Francken, W. (2018). Impact van klimaatverandering op rioleringen. (Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van VLARIO). VLARIO vzw. <https://www.vlario.be/site/files/downloads/Rapport-VLARIO-impact-klimaatverandering-op-rioleringen.pdf>

3.2 DIMENSIONERING POMPSTATION EN VLOEISTOFOPVANG

Voor de dimensionering van een pompstation van een tunnel, samen met de bijbehorende vloeistofopvang, dient aan de volgende voorwaarden voldaan te worden:

- minimaal en maximaal pompdebiet;
- minimale buffer;
- geen wateroverlast bij normale werking voor een hoge terugkeerperiode;
- geen wateroverlast bij uitval van het pompstation voor een lagere terugkeerperiode.

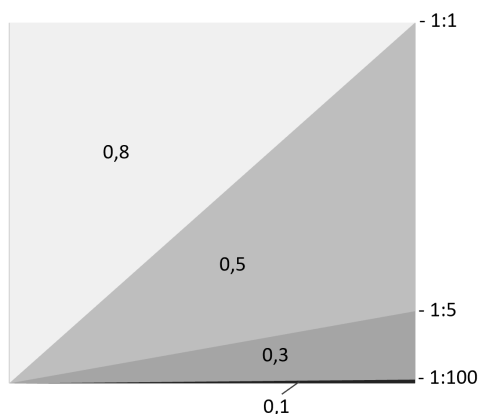
De individuele voorwaarden worden afzonderlijk beschreven en behandeld in deze paragraaf. Elke voorwaarde houdt rekening met de afvoerhoeveelheden die terechtkomen in de vloeistofopvang.

Bij het berekenen van afvoerhoeveelheden (neerslag in mm vermenigvuldigd met het oppervlak in m²), wordt de afvoeroppervlakte geheel of gedeeltelijk in rekening gebracht, afhankelijk van de mate van absorptie of vertraging die optreedt. Neerslag op verharde oppervlakken wordt per definitie direct afgevoerd naar het riool of de waterberging. Op onverharde oppervlakken (met gras of klein struikgewas begroeide terreinen), waarmee tunnelingangen en toeritten in het algemeen zijn omgeven, dringt neerslag gedeeltelijk in de bodem en wordt gedeeltelijk vastgehouden door de vegetatie. De netto afvoeroppervlakte naar een vloeistofopvang wordt berekend door de oppervlakte van elk individueel deelgebied te vermenigvuldigen met de corresponderende afvoercoëfficiënt en deze resultaten bij elkaar op te tellen.

De te gebruiken afvoercoëfficiënten zijn hieronder opgelijst en voor onverharde bermen visueel weergegeven in onderstaande figuur. Voor onverharde bermen is deze parameter afhankelijk van nog andere invloeden. Zo is de afvoercoëfficiënt afhankelijk van de bodemsoort en de begroeiing en zal deze hoger liggen tijdens extreme neerslag. Indien grote onverharde oppervlaktes afstromen richting een vloeistofkelder kan een detailstudie uitklaren of de afvoercoëfficiënten nog verhoogd dienen te worden. Deze detailstudie wordt gevraagd wanneer de onverharde oppervlakte die afstroomt richting één vloeistofkelder groter is dan 2 ha en groter is dan de verharde oppervlakte die naar deze vloeistofkelder afstroomt.

Te gebruiken afvoercoëfficiënten (zie Figuur 3-3):

- 1 voor verharde oppervlakken: onafhankelijk van de helling
- 0,8 voor onverharde bermen en taluds: hellingen gelijk aan of steiler dan 1:1
- 0,5 voor onverharde bermen en taluds: hellingen steiler dan 1:5 maar minder steil dan 1:1
- 0,3 voor onverharde bermen en taluds: hellingen steiler dan 1:100 maar minder steil dan of gelijk aan 1:5
- 0,1 voor onverharde bermen en taluds: hellingen minder steil dan of gelijk aan 1:100



Figuur 3-3: Visuele weergave van de afvoercoëfficiënt in functie van de helling voor onverharde bermen

FE. C350-001 De netto afvoeroppervlakte naar een vloeistofopvang wordt berekend door de oppervlakte van elk individueel deelgebied te vermenigvuldigen met de corresponderende afvoercoëfficiënt en deze resultaten bij elkaar op te tellen. De te gebruiken afvoercoëfficiënten zijn:

- 1 voor verharde oppervlakken: onafhankelijk van de helling;
- 0,8 voor onverharde bermen en taluds: hellingen gelijk aan of steiler dan 1:1;
- 0,5 voor onverharde bermen en taluds: hellingen steiler dan 1:5 maar minder steil dan 1:1;
- 0,3 voor onverharde bermen en taluds: hellingen steiler dan 1:100 maar minder steil dan of gelijk aan 1:5;
- 0,1 voor onverharde bermen en taluds: hellingen minder steil dan of gelijk aan 1:100.

Indien de onverharde oppervlakte die afstroomt richting één vloeistofkelder groter is dan 2 ha en groter is dan de verharde oppervlakte die naar deze vloeistofkelder afstroomt, wordt in een detailstudie bepaald of de afvoercoëfficiënten dienen verhoogd te worden.

3.2.1 MINIMAAL EN MAXIMAAL POMPDEBIET

Aan het pompdebiet wordt voornamelijk uit praktische redenen een onder- en bovenlimiet gegeven. Indien een klein pompdebiet voldoende is, wordt gekozen voor een type pomp met een pompdebiet van 5, 10 of 20 l/s. Dit om de pompen eenvoudig te kunnen vervangen door standaardmodellen.

Grotere pompen zijn zeker toegelaten, maar met een maximaal gewicht van 1500 kg. Het naar boven hijsen van dergelijke zware pompen is een moeilijke en gevaarlijke onderneming. Indien de pompen rechtstreeks afvoeren op het riool of oppervlaktewater buiten de projectzone, zullen er eisen gesteld worden door de riool- of waterbeheerder. De lozingsafspraken met de water- en rioolbeheerder dienen als inperkende eisen gebruikt te worden, bovenop de richtlijnen in dit document. Er kan gekozen worden om de pompen van de pompinstallatie te beperken tot deze lozingseisen, of om op het maaiveld een grotere buffer te voorzien. In dit geval kan een vertraagde gravitaire lozing worden toegepast die voldoet aan de lozingseisen.

FE. C350-002 Indien een klein pompdebiet voldoende is, wordt gekozen voor een type pomp met een pompdebiet van 5, 10 of 20 l/s. Dit om de pompen eenvoudig te kunnen vervangen door standaardmodellen. Grotere pompen zijn toegelaten tot een maximaal gewicht van 1500 kg. De lozingsafspraken met de water- en rioolbeheerder dienen als inperkende eisen gebruikt te worden, bovenop de richtlijnen in dit document.

De functioneel benodigde capaciteit voor een pompstation wordt bewerkstelligd met maximaal N pompen op basis van volgende criteria:

- elke pomp heeft dezelfde capaciteit;
- elke pomp dient gemiddeld minimaal eenmaal per maand te draaien; er wordt een rotatiesysteem toegepast waarbij afwisselend gebruik wordt gemaakt van de beschikbare pompen, inclusief de reservepomp, dewelke bij *Start peil 1* (en de hoger gelegen peilen) ingeschakeld wordt.

FE. C350-003 De functioneel benodigde capaciteit voor een pompstation wordt bewerkstelligd met maximaal N pompen op basis van volgende criteria:

- elke pomp heeft dezelfde capaciteit;
- elke pomp dient gemiddeld minimaal eenmaal per maand te draaien; er wordt een rotatiesysteem toegepast waarbij afwisselend gebruik wordt gemaakt van de beschikbare pompen, inclusief de reservepomp, dewelke bij *Start peil 1* (en de hoger gelegen peilen) ingeschakeld wordt.

Bij het pompstation van een hoofd-, vuil-, schoon- en middenvloeistofopslag wordt steeds minstens één reservepomp voorzien met hetzelfde debiet als de andere pomp(en). De redundantie is volgens het $N+1$ -principe, waarbij N het aantal pompen is corresponderend met de functioneel benodigde capaciteit voor een pompstation. Dit zorgt ervoor dat ook bij een onderhoud of een defect voldoende capaciteit beschikbaar blijft. Indien vanuit een drainagevloeistofopslag een overloop bestaat richting een andere opslag dient er geen reservepomp voorzien te worden, anders wel.

FE. C350-004 Bij het pompstation van een hoofd-, vuil-, schoon- en middenvloeistofopslag wordt steeds minstens 1 reservepomp voorzien met hetzelfde debiet als de andere pomp(en). De redundantie is volgens het $N+1$ -principe, waarbij N het aantal pompen is corresponderend met de functioneel benodigde capaciteit voor een pompstation.

In een middenkelder stromen tijdens een brand de verschillende blusmiddelen richting de middenvloeistofopslag. Een middenkelder dient deze vloeistoffen meteen te kunnen verpompen richting de hoofdkelders. De functioneel benodigde capaciteit voor een pompstation in de middenvloeistofopslag is daardoor bepaald door het blusdebiet (2000 l/min of 4000 l/min) en dit mogelijk aangevuld met het debiet van het automatisch repressief systeem (C506). Bij de bepaling van het minimale pompdebiet wordt geen rekening gehouden met verdamping.

FE. C350-005 De functioneel benodigde capaciteit voor een pompstation in de middenvloeistofopslag is bepaald door het blusdebiet (2000 l/min of 4000 l/min) en dit mogelijk aangevuld met het debiet van het automatisch repressief systeem (C506). Zonder rekening te houden met het automatisch repressief systeem komt dit neer op 33,3 l/s of 66,7 l/s.

3.2.2 MINIMALE BUFFER

De nuttige bergingscapaciteit van de vuilvloeistofopslag in een gescheiden hoofdkelder dient ten minste voldoende te zijn om de hoeveelheid neerslag die hoort bij de eerste 4 mm van een regenbui geheel te bergen.

De minimale waarde voor de nuttige berging van een middenvloeistofopslag is 40 m³, gerekend vanaf het *Stop peil* tot het hoogst toelaatbare niveau (*Bergen start Peil*) (zie [§3.3.4 'Peilmeetinstallaties'](#)). Hiermee kan de inhoud van een lekkende tankwagen opgevangen worden of de inhoud van een kleine blusinterventie. Bij grotere blusinterventies biedt de middenkelder een kleine buffer, maar wordt het bluswater overgepompt naar een hoofdkelder.

De minimale waarde voor de nuttige berging van een hoofdkelder is gebaseerd op het bluswater, een beperkte hoeveelheid neerslag en de inhoud van een lekkende tankwagen. De nuttige berging van een hoofdkelder is de nuttige berging van de vuil- en schoonvloeistofopslag samen of de hoofdvloeistofopslag. Het wordt voorzien te rekenen vanaf het *Stop peil* in de bijbehorende twee vloeistofopslagen tot aan het bereiken van het hoogst toelaatbare niveau (*Bergen start peil*) in de schoon- of hoofdvloeistofopslag (zie [§3.3.4 'Peilmeetinstallaties'](#)). Voor het bluswater dient 240 m³ voorzien te worden en kan mogelijk aangevuld worden met het volume afkomstig uit een automatisch repressief systeem (C506) indien aanwezig. Daarbovenop wordt het volume voorzien van een regenbui van 10 mm die afstroomt richting die hoofdkelder. Indien de tunnel geen middenkelder heeft, wordt bijkomend 40 m³ toegevoegd. Het volume afkomstig uit een automatisch repressief systeem (C506) wordt bepaald op basis van een realistische inschatting van de duur deze gebruikt wordt. Daarbij kan er rekening worden gehouden met het feit dat 10 % van het door het automatisch repressief systeem gebruikte water verdampt en dus niet in de vloeistofkelder terechtkomt.

FE. C350-006 De nuttige bergingscapaciteit voor de verschillende opslagen is:

- voor een vuilvloeistofopslag minstens de hoeveelheid neerslag van de eerste 4 mm van een regenbui
- voor een middenvloeistofopslag minstens 40 m³
- voor een hoofdkelder minstens 240 m³ (+ 40 m³ indien geen middenkelder aanwezig is) + het volume van een regenbui van 10 mm + het volume van een het automatisch repressief systeem indien aanwezig.

3.2.3 GEEN WATEROVERLAST BIJ NORMALE WERKING VOOR EEN HOGE TERUGKEERPERIODE

Deze voorwaarde zorgt ervoor dat water op straat en wateroverlast in de tunnel vermeden wordt tijdens de normale werking van een pompstation. Deze voorwaarde geeft een minimale capaciteit van een vloeistofopvang afhankelijk van het voorziene pompdebiet. Voor wegtunnels wordt gerekend met een terugkeerperiode van 100 jaar (T100). Indien er toch een intensere bui zou voorkomen, is er nog enige extra marge als de reservepomp kan worden opgestart en deze dus niet buiten dienst is.

Voor Vlaamse- of Europese hoofdwegen wordt gebruikgemaakt van de prognose ‘hoogzomer’ van het jaar 2100. Voor tunnels op wegen met een lagere categorie wordt gebruikgemaakt van de prognose ‘hoogzomer’ van het jaar 2050. Voor deze laatste kan er iets meer risico genomen worden doordat de gevolgen van een langdurige sluiting kleiner zijn na een overstroming of door werkzaamheden bij de uitbreiding van vloeistofkelder. Het staat het ontwerpteam vrij om ook hier toch de prognose van 2100 te gebruiken.

FE. C350-007 Voor wegtunnels wordt gerekend met een terugkeerperiode van 100 jaar. Voor Vlaamse- of Europese hoofdwegen wordt gebruikgemaakt van de prognose ‘hoogzomer’ van het jaar 2100. Voor tunnels op wegen met een lagere categorie wordt minstens gebruikgemaakt van de prognose “hoogzomer” van het jaar 2050.

Met behulp van het softwarepakket *Sirio*¹² werd berekend hoe groot de nuttige buffercapaciteit dient te zijn in functie van het klimaatscenario en de specifieke pompcapaciteit. In Tabel 3-2 worden de resultaten weergegeven. De berekening is uitgevoerd voor 1 ha afvoeroppervlakte, een vloeistofopslag met een oppervlakte van 250 m² en één pomp met het aanslagpeil op 0,1 m en afslagpeil op 0 m. Voor een gedetailleerde ontwerpstudie is het mogelijk interessant om de exacte opstelling van de pompen in de opslag te gebruiken. Het is toegestaan om hiervoor een andere evenwaardige software te gebruiken die werkt op basis van continue simulaties op lange termijn.

Tabel 3-2: Nuttige buffercapaciteit in functie van het specifiek pompdebiet voor een terugkeerperiode van 100 jaar

specifiek pompdebiet (l/s/ha)	hoogzomer 2050 T100 (m ³ /ha)	hoogzomer 2100 T100 (m ³ /ha)
5	1101	1602
10	809	1129
15	784	1031
20	765	995
25	746	972
50	683	888
100	579	794

¹² Sirio is software ontwikkeld binnen KU Leuven om ontwerpen met hemelwater te evalueren en te verbeteren. Het instrument is beschikbaar via: <https://www.sumagua.be/sirio>.

3.2.4 GEEN WATEROVERLAST BIJ UITVAL VAN HET POMPSTATION VOOR EEN LAGERE TERUGKEERPERIODE

Het doel van deze voorwaarde is om te verifiëren dat indien de pompen van een pompstation zouden uitvallen tijdens een regenbui, dit niet onmiddellijk voor wateroverlast zorgt. Een technisch falen van het pompstation, de aansturing of de energievoorziening wordt normaal gezien gemeld aan het verkeerscentrum, waarna een technicus ter plaatse kan komen voor een snelle afhandeling. Afhankelijk van de categorie van de weg, worden andere eisen gesteld voor de duur van de uitval (interventietijd) en de minimale terugkeerperiode van de regenbui waarbij er geen problemen mogen optreden. De gebruikte terugkeerperiode is lager doordat er niet wordt uitgegaan van het gelijktijdig uitvallen van een pompstation en de ontwerpbui T100. Tabel 3-3 geeft de minimale volumes die nodig zijn om aan deze voorwaarde te voldoen in het huidige klimaat.

Tabel 3-3: Voorwaarden voor het afvoeren van een uitval van een pompstation

wegcategorie	interventietijd	terugkeerperiode	huidig klimaat
Tunnels op Vlaamse of Europese hoofdwegen	3 uur	25 jaar	526 m ³ /ha
Tunnels op wegen met een lagere categorie	6 uur	5 jaar	377 m ³ /ha
Fietstunnel	6 uur	1 jaar	256 m ³ /ha

Deze voorwaarde geldt enkel voor een pompstation van een schoon- of hoofdvloeistofopslag. Het volume van een vuilvloeistofopslag wordt niet meegerekend om deze voorwaarde af te checken.

FE. C350-008 Er wordt nagegaan dat het uitvallen van een pompstation niet onmiddellijk leidt tot wateroverlast. Vloeistofkelders van tunnels op Vlaamse of Europese hoofdwegen dienen een bui met terugkeerperiode 25 jaar te kunnen bergen bij een uitval van 3 uur. Vloeistofkelders van tunnels op wegen met een lagere categorie dienen een bui met terugkeerperiode 5 jaar te kunnen bergen bij een uitval van 6 uur. Deze voorwaarde geldt enkel voor een pompstation van een schoon- of hoofdvloeistofopslag.

3.2.5 INSCHATTING GEVOLGEN BIJ WATEROVERLAST

Ten slotte wordt tijdens de dimensionering nagegaan wat de gevolgen zijn indien er toch een grotere bui zou voorkomen dan waarvoor het systeem is ontworpen. Voor elke vloeistofkelder van de tunnel worden de gevolgen bepaald indien de pompen/vloeistofopslag van een kelder onvoldoende zijn en de opslag zijn maximumcapaciteit overschrijdt. Hierbij wordt gekeken welke hoeveelheid vloeistof tot gevolg heeft dat bepaalde systemen in de tunnel onder water komen te staan en hierdoor hoogstwaarschijnlijk falen. Er dient vermeden te worden dat besturing en energievoorziening van de pompstations snel geïmpacteerd wordt door het overschrijden van de capaciteit van een kelder. Ook kritische of dure installaties worden best niet geplaatst op locaties die (als eerste) in de tunnel onderlopen. Enerzijds zijn dit vaak dure installaties om te vervangen, anderzijds zal het ook langer duren alvorens een tunnel terug open kan gaan voor verkeer.

Indien blijkt dat in de tunnel voldoende vloeistof kan opvangen worden op de weg zelf, de tunnel afgesloten kan worden wanneer dit voorvalt en dit niet tot gevolg heeft dat grote financiële schade voorkomt, kan overwogen worden om geen rekening te houden met de klimaatverandering van 2100 maar enkel 2050. Hiervoor wordt een risicorapportage opgemaakt waarin de verschillende stakeholders van de tunnel betrokken worden.

FE. C350-009 Voor elke vloeistofkelder van de tunnel worden de gevolgen bepaald indien de pompen/vloeistofopslag van een kelder onvoldoende zijn en de opslag zijn maximumcapaciteit overschrijdt. Hierbij wordt gekeken welke hoeveelheid vloeistof tot gevolg heeft dat bepaalde systemen in de tunnel onder water komen te staan en hierdoor hoogstwaarschijnlijk falen. Er dient vermeden te worden dat besturing en

energievoorziening van de pompstations snel geïmpacteerd wordt door het overschrijden van de capaciteit van een kelder. Ook kritische of dure installaties worden best niet geplaatst op locaties die (als eerste) in de tunnel onderlopen.

3.3 ONTWERP POMPSTATION

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe een pompstation dient ontworpen te worden, eenmaal de dimensionering gekend is van de opslag en de pompen. Er worden functionele eisen gegeven voor de pompen, de persleidingen en appendages, de filters en KWS-afscheiders en de peilmeetinstallaties.

3.3.1 POMPEN (C351A)

De waterinlaat of waterinlaten van een pomp dienen altijd laag in het bassin te liggen, met een beperkte afstand tot de bodem. Deze eis zorgt ervoor dat de nuttige berging zo groot mogelijk is en dat benzine of andere verontreinigde vloeistofcomponenten die drijven op water, als laatste weggepompt zullen worden uit een bassin waarin ook (hemel)water binnenkomt.

De afstand tussen de locatie waar vloeistoffen de vloeistofopslag binnentreden en de locatie van de pompen dient best zo groot mogelijk te zijn. Dit zorgt ervoor dat vloeistoffen niet rechtstreeks op de pompen vallen en geeft extra tijd voor niet-opgeloste verontreiniging om te bezinken.

FE. C350-010 De waterinlaat of waterinlaten van een pomp dienen altijd laag in het bassin te liggen, met een beperkte afstand tot de bodem. De afstand tussen de locatie waar vloeistoffen de vloeistofopslag binnentreden en de locatie van de pompen dient best zo groot mogelijk te zijn.

De pompen in een pompstation zijn eentraps dompelpompen die ongevoelig zijn voor verstoppingen. Deze zijn aangedreven door een kortsluitankermotor en zijn verticaal opgesteld met een automatische voetbocht koppeling, zie Figuur 3-4. De pomp moet uit de pompkelder kunnen worden getild zonder dat er eerst bouten of enige andere bevestigingen moeten worden losgemaakt. De uitlaat van de pomp is uitgerust met een geboorde DIN-flens en iedere pomp is voorzien van een geleideklauw en een geleiderail. Deze geleideklauw leidt de pomp via de geleiderail naar de voetbocht en vormt een scharnierpunt voor het aandrukken van de pompflens op de voetbocht onder het gewicht van de pomp. De pomp moet automatisch gekoppeld worden aan de aandrukflens van de voetbocht onder invloed van haar eigen gewicht gedurende het neerlaten in de kelder.

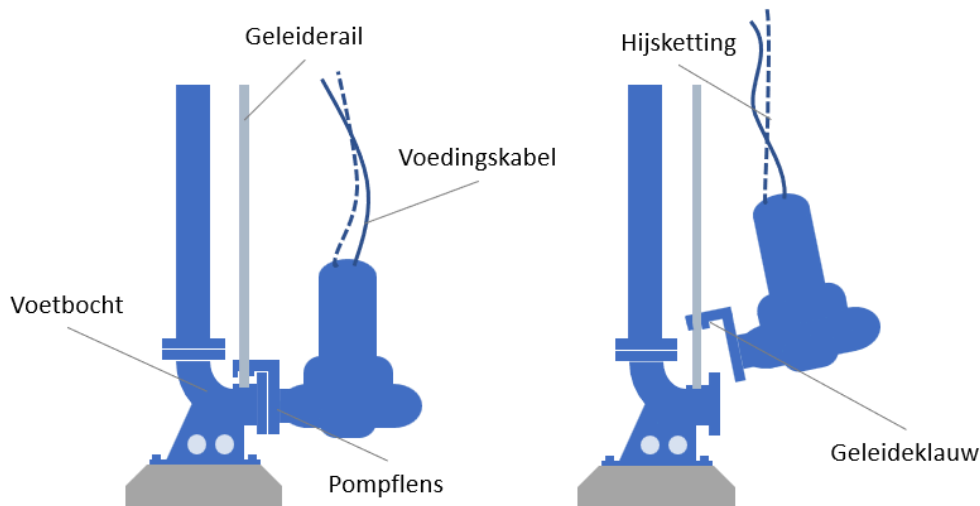
De voetbocht van de dompelpomp wordt gemonteerd op een ankerplaat. De ankerplaat wordt bevestigd met chemische of ingestorte ankers op een gewapende betonnen sokkel in de pompput. De ankerplaat wordt nadien ondergoten met krimprijke mortel.

FE. C350-011 De pompen in een pompstation zijn eentraps dompelpompen die ongevoelig zijn voor verstoppingen. Deze zijn aangedreven door een kortsluitankermotor en zijn verticaal opgesteld met een automatische voetbocht koppeling. De uitlaat van de pomp is uitgerust met een geboorde DIN-flens en iedere pomp is voorzien van een geleideklauw en een geleiderail.

De voetbocht van de dompelpomp wordt gemonteerd op een ankerplaat. De ankerplaat wordt bevestigd met chemische of ingestorte ankers op een gewapende betonsokkel in de pompput. De ankerplaat wordt nadien ondergoten met krimprijke mortel.

Boven iedere pomp wordt een toegangsluik voorzien. Aan het plafond van de pompkamer, boven de luiken, wordt een hijsinstallatie aangebracht. De hijsketting waarmee een pomp kan worden bovengehaald, wordt aan een haak bevestigd ter hoogte van de dekselopening boven de pomp.

FE. C350-012 Boven iedere pomp wordt een luik voorzien. Aan het plafond van de pompkamer, boven de luiken, wordt een hijsinstallatie aangebracht.



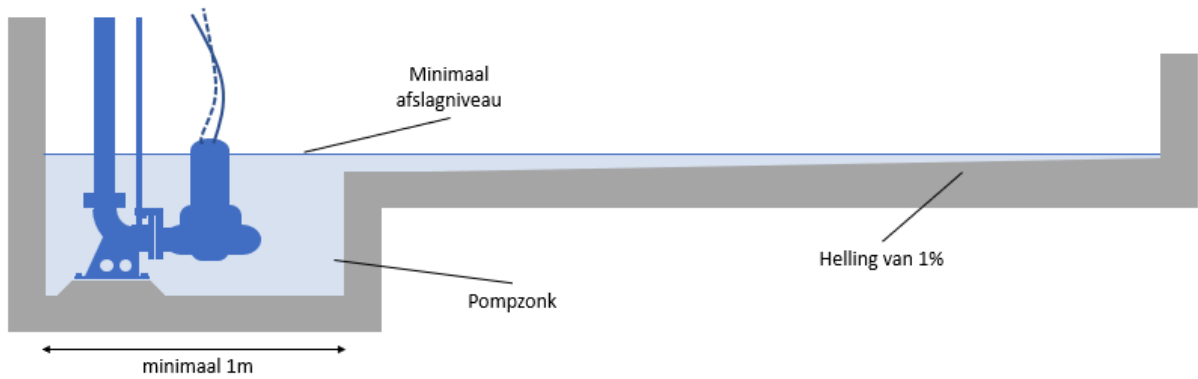
Figuur 3-4: Illustratie van een pomp met automatische voetbochtkoppeling

Om hoogte te besparen in een vloeistofkelder is het soms toegestaan om pompen in een pompzink te plaatsen zoals in Figuur 3-5. Een pompzink is een lokale verdieping van de bodemplaat ter hoogte van de pompen. Het nadeel hiervan kan zijn dat hierdoor het slib sneller zal ophopen in de pompzink, terwijl dit anders over een veel groter oppervlak kan ophopen. Dit kan tot gevolg hebben dat de verpompte vloeistof meer slib bevat. Om dit nadeel tegen te gaan, worden extra voorwaarden opgelegd. Een pompzink is enkel toegelaten indien een zandvang voorzien is stroomopwaarts van de pompen, het oppervlak van de vloeistofopslag groter is dan 100 m² en het afslagpeil van de pompen boven het bovenste punt van de bodemplaat ligt. Het oppervlak van de pompzink is minimaal 1 m x 1 m voor elke pomp, met een voorkeur om deze over de volledige breedte te voorzien.

FE. C350-013 In een vloeistofkelder is het enkel toegestaan om pompen in een pompzink te plaatsen indien:

- een zandvang voorzien is stroomopwaarts van de pompen;
- het oppervlak van de vloeistofopslag groter is dan 100 m²;
- het afslagpeil van de pompen boven het bovenste punt van de bodemplaat ligt.

Het oppervlak van de pompzink is minimaal 1 m x 1 m voor elke pomp, met een voorkeur om deze over de volledige breedte te voorzien.



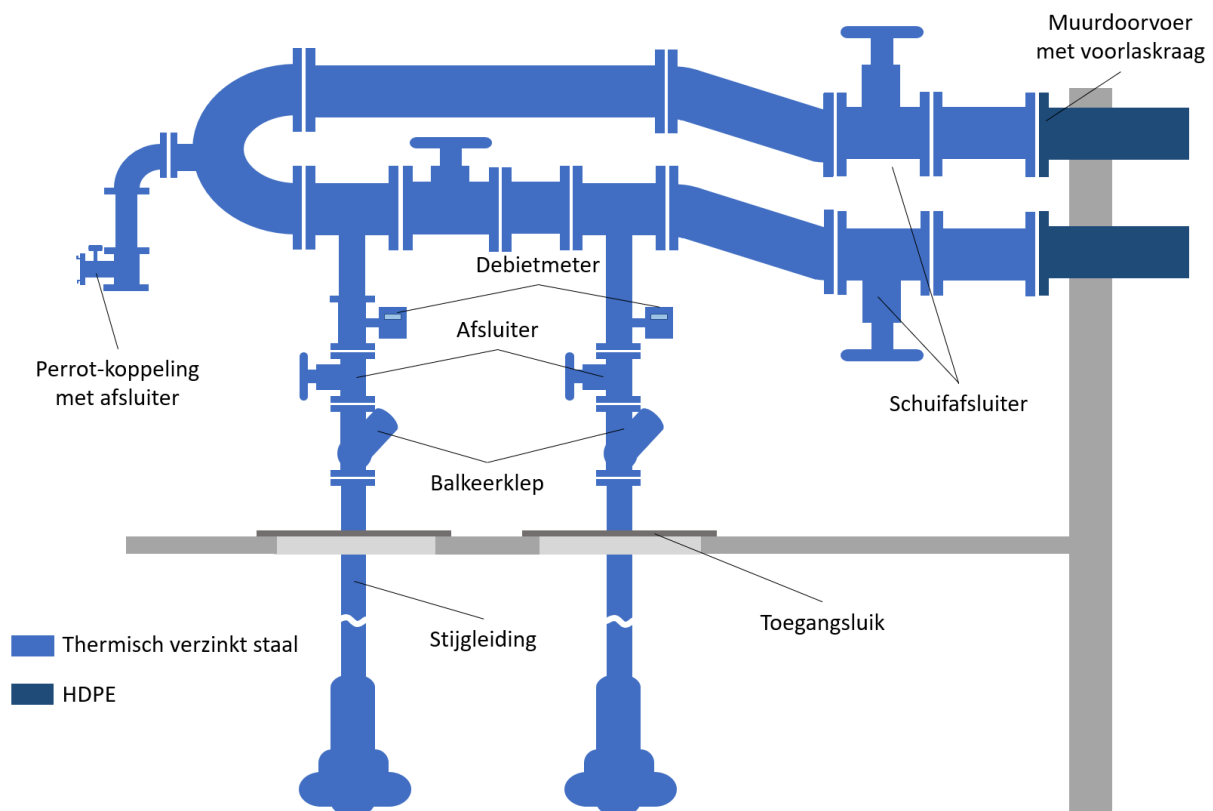
Figuur 3-5: Illustratie van een dompelpomp in een pompzink

Elke pomp dient voorzien te zijn van een werkschakelaar in de pompkamer, waarmee elke pomp met een plaatselijke bediening aan- en uitgezet kan worden.

FE. C350-014 Elke pomp dient voorzien te zijn van een werkschakelaar in de pompkamer, waarmee elke pomp met een plaatselijke bediening aan- en uitgezet kan worden.

3.3.2 PERSLEIDINGEN EN APPENDAGES (C351B)

Persleidingen zijn leidingen die aangesloten worden aan de perszijde van een pomp en verbinden de pomp met het lozingspunt. Appendages zijn toestellen opgenomen in het leidingennetwerk waarmee op de een of andere manier het functioneren van het pompstation wordt gemeten, geregeld of beveiligd. Voorbeelden hiervan zijn afsluiters, terugslagkleppen, beluchtingsventielen, watermeters enzovoort.



Figuur 3-6: Voorbeeld van de persleidingen en appendages voor een vloeistofopslag met twee pompen

Persleidingen van meerdere pompen van eenzelfde pompstation in een vloeistofopvang leiden naar één verzamelersleiding. Deze verzamelersleiding heeft langs beide uiteinden een koppeling naar een persleiding

die elk afzonderlijk de afvoercapaciteit kan verwerken met een bestuurbare afvoerkeuze, zie Figuur 3-6. Daarnaast komt één schuifafsluiter in de verzamelpersleiding ergens centraal tussen de N+1 pompen. Hierdoor ontstaat een redundant systeem waarbij door het falen van één component (persleiding, afsluiter,...) steeds een afvoermogelijkheid blijft bestaan.

Vanuit een middenkelder tussen twee hoofdkelders gaat een van deze persleiding naar een hoofdkelder in de richting van oplopende hectometrering en de andere persleiding naar een hoofdkelder in de richting van aflopende hectometrering. Bij zeer lange persleidingen met grote diameter kan van dit principe wegens economische redenen worden afgeweken en komen beide persleidingen uit in dezelfde hoofdkelder (afstand tussen middenkelder en hoofdkelder is groter dan 1 km).

In de hoofdkelder komt een persleiding vanuit de middenkelder uit in de vuilvloeistofopslag, en bij voorkeur dus niet in de zandvang. Vloeistoffen uit de middenkelder zijn meestal sterker verontreinigd waardoor deze best afgevoerd worden via de vuilvloeistofopslag en hierdoor ook een langere verblijftijd hebben in de kelder. Indien de vuilvloeistofopslag reeds vol is door een voorgaande regenbui dan dient de vuilvloeistofopslag over te kunnen lopen (via de zandvang) naar het schoonvloeistofopslag. De persleiding komt uit onder het afslagniveau van de pompen (*Stop peil*) om zo een ontsteking door statische elektriciteit te voorkomen.

Vanuit een hoofdkelder vertrekken minstens twee persleidingen waarbij het mogelijk is dat deze parallel aan elkaar lopen en terecht komen in hetzelfde lozingspunt.

De vuilvloeistofopslag van een hoofdkelder dient niet voorzien te worden van een redundante persleiding, er wordt wel een reservepomp op de verzamelpersleiding aangesloten. De vuilvloeistofopslag is namelijk niet kritisch voor het beperken van water op straat waardoor een redundante persleiding economisch meestal niet te verdedigen is. De vuilvloeistofopslag is wel de opslag (samen met de pompen) die het meest gebruikt wordt, en waarvoor een extra reiniging door de KWS-afscheider voorzien is. Om die reden wordt wel een reservepomp voorzien, zodat de zuivering ook bij een defecte pomp gegarandeerd wordt. Bij een drainagevloeistofopslag kan ook een uitzondering worden gemaakt. Indien vanuit een drainagevloeistofopslag een overloop bestaat richting een andere opslag dient er geen redundante persleiding voorzien te worden en ook geen reservepomp.

Samengevat zijn volgende persleidingen bijvoorbeeld nodig bij een tunnel met twee hoofdkelders en een middenkelder ertussen:

- verzamelpersleiding voor de pompen in de middenvloeistofopslag verbonden aan twee persleidingen, elk naar één hoofdkelder;
- verzamelpersleiding voor de pompen in de vuilvloeistofopslag van elke hoofdkelder met een persleiding naar een lozingspunt
- verzamelpersleiding voor de pompen in de schoonvloeistofopslag van elke hoofdkelder met twee persleidingen naar een lozingspunt.

Indien ook grondwater wordt afgevoerd, mogelijk aangevuld met volgende zaken:

- persleiding voor de pomp(en) van de drainagevloeistofopslag in de middenkelder naar een hoofdkelder;
- persleiding voor de pomp(en) van de drainagevloeistofopslag in elke hoofdkelder naar een lozingspunt.

FE. C350-015 Persleidingen van meerdere pompen van eenzelfde pompstation in een vloeistofopvang leiden naar één verzamelpersleiding. Deze verzamelpersleiding heeft langs beide uiteinden een koppeling naar een persleiding die elk afzonderlijk de afvoercapaciteit kan verwerken met een bestuurbare afvoerkeuze. Daarnaast komt één schuifafsluiter in de verzamelpersleiding ergens centraal tussen de N+1 pompen.

Vanuit een middenkelder tussen twee hoofdkelders gaat een van deze persleiding naar een hoofdkelder stroomopwaarts en de andere persleiding naar een hoofdkelder stroomafwaarts. In de hoofdkelder komen deze persleidingen uit in de vuilvloeistofopslag, onder het afslagniveau van de pompen.

Vanuit een hoofdkelder vertrekken eveneens minstens twee persleidingen waarbij het mogelijk is dat deze parallel aan elkaar lopen en kunnen deze in hetzelfde lozingspunt terecht komen.

Indien vanuit een vuilvloeistofopslag een overloop bestaat richting een andere opslag dient er geen redundant persleiding voorzien te worden.

Indien vanuit een drainagevloeistofopslag een overloop bestaat richting een andere opslag dient er geen redundant persleiding voorzien te worden en ook geen reservepomp.

Afvoerleidingen binnen gebouwen en vloeistofkelders worden in thermisch verzinkt staal uitgevoerd, waarbij de coating voldoet aan de NBN EN ISO 1461¹³ of in HDPE (voornamelijk voor inwendige diameters kleiner dan 250 mm). Overige afvoerleidingen zoals terreinleidingen en leidingen tussen hoofd- en middenkelder worden in HDPE 100 PN16 SDR11 uitgevoerd. Indien de druk in de leiding de 10 bar niet kan overstijgen (of als er geen te lage onderdruk kan ontstaan) door waterslag, dan kan HDPE 100 PN10 SDR17 gebruikt worden.

FE. C350-016 Afvoerleidingen binnen gebouwen en vloeistofkelders worden in thermisch verzinkt staal uitgevoerd, waarbij de coating voldoet aan de NBN EN ISO 1461 of in HDPE (voornamelijk voor inwendige diameters kleiner dan 250 mm).

Overige afvoerleidingen zoals terreinleidingen en leidingen tussen hoofd- en middenkelder worden in HDPE 100 PN 16 SDR11 uitgevoerd. Indien de druk in de leiding de 10 bar niet kan overstijgen (of als er geen te lage onderdruk kan ontstaan) door waterslag, dan kan HDPE 100 PN10 SDR17 gebruikt worden.

De persleidingen dienen vervangbaar te zijn. Persleidingen die een levensduur hebben die minimaal gelijk is aan die van de omliggende constructie, hoeven niet separaat vervangbaar te zijn. Het aantal in de constructie opgenomen (ingestorte) leidingen wordt zo veel mogelijk beperkt.

FE. C350-017 Persleidingen dienen vervangbaar te zijn. Persleidingen die een levensduur hebben die minimaal gelijk is aan die van de omliggende constructie, hoeven niet separaat vervangbaar te zijn. Het aantal in de constructie opgenomen (ingestorte) leidingen wordt zo veel mogelijk beperkt.

De persleidingen worden over het gehele traject lichtjes hellend aangelegd indien mogelijk. Dit voorkomt de aanwezigheid van gasbellen in de persleiding. Indien dit niet mogelijk is, wordt bekeken of plaatselijk de leidingdiameter verkleind kan worden om de stroomsnelheid lokaal te verhogen en/of wordt een ontluchter voorzien bovenop de persleiding.

FE. C350-018 Persleidingen worden over het gehele traject lichtjes hellend aangelegd indien mogelijk. Indien dit niet mogelijk is, wordt bekeken of plaatselijk de leidingdiameter verkleind kan worden om de stroomsnelheid lokaal te verhogen en/of wordt een ontluchter voorzien bovenop de persleiding.

Voor de dimensionering en ontwerp van de persleidingen wordt verwezen naar de 'Code van goede praktijk voor rioleringsystemen' (2012). Er wordt nagegaan dat waterslag of gasbelvorming geen schade of ongewenst capaciteitsverlies opleveren.

¹³ Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2022). *Hot dip galvanized coating on fabricated iron and steel articles – Specification and test methods (NBN EN ISO 1461:2022)*

FE. C350-019 Voor de dimensionering en ontwerp van de persleidingen wordt verwezen naar de Code van goede praktijk voor rioleringsystemen. Er wordt nagegaan dat waterslag of gasbelvorming geen schade of ongewenst capaciteitsverlies opleveren.

De toegelaten gemiddelde stroomsnelheid (v_{hor} en v_{ver}) maakt een onderscheid tussen verticale- en horizontale leidingen (= hellingshoek < 30°). Onder alle toestanden van de pompen (1 tot N pompen ingeschakeld) moet de snelheid binnen bepaalde grenzen blijven:

- horizontale leidingen: $0,7 \leq v_{hor} \leq 2 \text{ m/s}$
- verticale (of stijg-)leidingen: $1,8 \leq v_{ver} \leq 4 \text{ m/s}$

De ondergrens wordt bepaald om vaste bestanddelen en gasbellen te kunnen meevoeren. De bovengrens wordt in hoofdzaak bepaald door economische overwegingen. De wrijvingsverliezen in de leidingen nemen immers kwadratisch toe met de snelheid. De maximale snelheid in de persleiding wordt meestal gesteld op 1,5 à 2,0 m/s, gezien het vermogen van de pomp evenredig is met de snelheid tot de derde macht. Verticale leidingen komen steeds voor als stijgleidingen in de vloeiستofkelder, en soms ook om het maaiveldniveau te bereiken. Indien het over beperkte lengtemeters gaat en de verliezen derhalve relatief beperkt blijven, worden hogere snelheden toegelaten.

Volgens de grenzen op de toegelaten snelheid kunnen meerdere diameters technische uitkomst bieden. Een aantal installatie- en exploitatiekosten zijn echter direct afhankelijk van de diameter en zullen als volgt reageren op veranderingen in diameter. Bij afnemende diameter van de leiding zal:

- de kostprijs van de leiding en het leidingwerk dalen;
- de installatiekost van het pompstation toenemen door de grotere leidingsverliezen wat als consequentie heeft dat zwaardere pompen vereist zijn en de voorzieningen voor de elektrische voeding van het pompstation in kostprijs toenemen;
- de exploitatiekost toenemen door de hogere energiekost omwille van de toegenomen leidingsverliezen;
- de exploitatiekosten toenemen door hogere slijtage;
- gasbellen beter worden afgevoerd.

Aangezien verschillende kosten een tegenovergestelde relatie hebben met een toenemende leidingdiameter, kan een optimale leidingdiameter gevonden worden door de kosten in te schatten over de gehele levensduur van de tunnel.

FE. C350-020 Onder alle toestanden van de pompen (1 tot N pompen ingeschakeld) moet de gemiddelde stroomsnelheid binnen bepaalde grenzen blijven:

- horizontale leidingen: $0,7 \leq v_{hor} \leq 2 \text{ m/s}$
- verticale (of stijg-)leidingen: $1,8 \leq v_{ver} \leq 4 \text{ m/s}$

Een optimale leidingdiameter wordt bekomen door de kosten (installatie- exploitatiekost) in te schatten over de gehele levensduur van de tunnel.

De bestuurbare afvoerkeuze van een verzamelpersleiding dient te worden gerealiseerd door aanstuurbare afsluiters te gebruiken op de betrokken leidingen. De afsluiters worden zo uitgevoerd dat, als er een storing optreedt tijdens het veranderen van de afvoerkeuze, ten minste één van de afvoerrichtingen open blijft. Deze bestuurbare afvoerkeuze dient steeds plaatselijk bedienbaar te zijn. Minstens voor opslagen waar deze afvoerkeuze een effect heeft op de tunnelveiligheid of milieutechnisch van belang is deze ook vanop afstand bedienbaar.

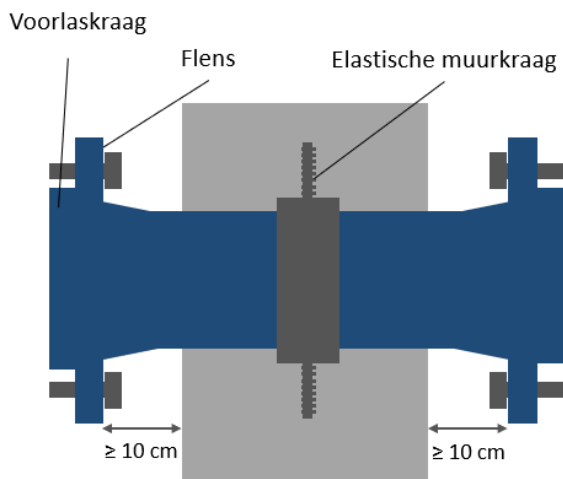
FE. C350-021 De bestuurbare afvoerkeuze van een verzamelpersleiding dient te worden gerealiseerd door aanstuurbare afsluiters te gebruiken op de betrokken leidingen. De afsluiters worden zo

uitgevoerd dat, als de stroom uitvalt of er een storing optreedt tijdens het veranderen van de afvoerkeuze, ten minste één van de afvoerrichtingen open blijft. Deze bestuurbare afvoerkeuze dient steeds plaatselijk bedienbaar te zijn. Minstens voor opslagen waar deze afvoerkeuze een effect heeft op de tunnelveiligheid of milieutechnisch van belang is deze ook vanop afstand bedienbaar.

Elke persleiding die aansluit op een pomp is voorzien van een voetbocht, een terugslagklep (van het type balkeerklep) en een afsluiter. Aangezien niet standaard alle pompen simultaan werken, wordt boven elke pomp een terugslagklep (van het type balkeerklep) voorzien. Voor het realiseren van onderhoud tijdens een normale bedrijfstoestand van de tunnel, dient elke pomp apart aan- en afgekoppeld te kunnen worden. Hiervoor wordt bovenop de terugslagklep ook een afsluiter voorzien.

FE. C350-022 Elke persleiding die aansluit op een pomp is voorzien van een voetbocht, een terugslagklep (type balkeerklep) en een afsluiter.

Daar waar een persleiding door een muur of vloer gaat die waterdicht dient uitgevoerd te worden, wordt een doorvoerstuk in HDPE voorzien met flenzen (volgens DIN 2501). Dit doorvoerstuk wordt in de betonnen wand ingestort met een elastische muurkraag. De afstand van een flens tot de betonnen wand is minimaal 10 cm. In Figuur 3-7 wordt het doorvoerstuk visueel weergegeven.



Figuur 3-7: Muurdoorvoer in HDPE met elastische muurkraag

FE. C350-023 Daar waar een persleiding door een muur of vloer gaat die waterdicht dient uitgevoerd te worden, wordt een doorvoerstuk in HDPE voorzien met flenzen (volgens DIN 2501). Dit doorvoerstuk wordt in de betonnen wand ingestort met een elastische muurkraag. De afstand van een flens tot de betonnen wand is minimaal 10 cm.

Bij bepaalde afvoerleidingen dienen debietmeters te worden opgenomen, zodanig dat gecontroleerd kan worden hoeveel (vervuilde) vloeistof er is afgevoerd vanuit de tunnel. Het uitgaande debiet wordt gemeten van elke drainagevloeistofopslag alsook op de midden-, vuil- en hoofdvloeistofopslag. Op basis van de debieten uit de middenvloeistofopslag kan een inschatting gemaakt worden hoeveel (grond)water door de constructie lekt. Het aantal draaiuren van elke pomp afzonderlijk dient bekend te zijn, maar dit kan normaal gezien op basis van de besturing bepaald worden. De debietmeters zijn zowel plaatselijk als op afstand uitleesbaar. Het bereik van de debietmeters is groot genoeg om gedurende 50 jaar het verwachte volume te kunnen meten. Bij het bereiken van de eindstand dient de meter vanaf nul door te tellen. De debietmeters moeten op een logische

plaats bereikbaar en leesbaar zijn, zonder speciale voorzieningen te hoeven treffen. Een debietmeter wordt geplaatst volgens de voorschriften van de fabrikant en de code van goede praktijk die van toepassing is (grondwater of afvalwater)¹⁴. Elke debietmeter wordt gecombineerd met een aftappunt voor monstername.

FE. C350-024 Bij bepaalde afvoerleidingen dienen debietmeters te worden opgenomen, zodanig dat gecontroleerd kan worden hoeveel (vervuide) vloeistof er is afgevoerd vanuit de tunnel. Het uitgaande debiet wordt gemeten van elke drainagevloeistofopslag alsook op de midden-, vuil- en hoofdvloeistofopslag. De debietmeters zijn zowel plaatselijk als op afstand uitleesbaar. Het bereik van de debietmeters is groot genoeg om gedurende 50 jaar het verwachte volume te kunnen meten. Bij het bereiken van de eindstand dient de meter vanaf nul door te tellen. De debietmeters moeten op een logische plaats bereikbaar en leesbaar zijn, zonder speciale voorzieningen te hoeven treffen. Een debietmeter wordt geplaatst volgens de voorschriften van de fabrikant en de code van goede praktijk die van toepassing is (grondwater of afvalwater). Elke debietmeter wordt gecombineerd met een aftappunt voor monstername.

Een Perrot-koppeling RVS A4 met aansluiting van 100 mm ('mannelijke' aansluiting) samen met een afsluiter worden voorzien op de verzamelpersleiding. Hierop kan de flexibele darm van een externe dompelpomp worden aangesloten om bij onderhoud van de pompinstallatie de pompkelder volledig leeg te kunnen pompen. De Perrot-koppeling wordt ondersteund met een RVS steun vanop de wand.

FE. C350-025 Een Perrot-koppeling RVS A4 met aansluiting van 100 mm ('mannelijke' aansluiting) samen met een afsluiter worden voorzien op de verzamelpersleiding. Hierop kan de flexibele darm van een externe dompelpomp worden aangesloten om bij onderhoud van de pompinstallatie de pompkelder volledig leeg te kunnen pompen. De Perrot-koppeling wordt ondersteund met een RVS steun vanop de wand.

De persleidingen dienen te allen tijde, ook bij vorst, te blijven werken en waar nodig dienen deze hiertoe voorzien te zijn van een aparte vorstbescherming.

FE. C350-026 De persleidingen dienen te allen tijde, ook bij vorst, te blijven werken en waar nodig dienen deze hiertoe voorzien te zijn van een aparte vorstbescherming.

3.3.3 FILTERS EN KWS-AFSCHEIDERS

Stroomafwaarts van de pompen is het mogelijk om filters en/of een KWS-afscheider te plaatsen. Deze worden minimaal gedimensioneerd en voorzien op een pompdebiet met N pompen, de reservepomp hoeft hierbij niet in rekening worden gebracht.

In [paragraaf 2.9 'Zandvang en KWS-afscheider'](#) werden reeds functionele eisen gegeven voor een KWS-afscheider. Verder worden hier geen extra eisen opgelijst, aangezien dit sterk afhankelijk is van de specifieke eisen die gesteld worden bij de lozingsafspraken.

3.3.4 PEILMEETINSTALLATIES (C351c)

Een peilmeetinstallatie bestaat uit vlotters, mogelijk aangevuld met een continu meetstelsel, die het vloeistofpeil in een opslag meten. Op basis van op voorhand vastgelegde niveaus wordt hiermee bepaald wanneer pompen aan- of uitgezet worden.

¹⁴ 'Code van goede praktijk voor installatie onderhoud en controle van elektromagnetische debietmeting van afvalwater in gesloten systemen' en 'Code van goede praktijk voor installatie, onderhoud en controle van meetinrichtingen voor opgepompt grondwater' Raadpleegbaar via <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/code-van-goede-praktijk>

De peilmeetinstallatie onderscheid in een schoon-, hoofd- en middenvloeistofopslag de volgende niveaus van de vloeistof:

- Bergen start peil, het niveau waarop pompen tijdens bergen worden aangezet of aangezet zijn, tijdens een normale toestand zorgt dit peil voor een waarschuwing aan het verkeerscentrum dat de opslag zijn maximale capaciteit heeft bereikt;
- Bergen stop peil, het niveau waarop pompen tijdens bergen worden uitgezet of uitgezet zijn;
- Start peil N+1, het niveau waarop alle N+1 pompen worden aangezet of aangezet zijn;
- Start peil N, het niveau waarop alle N pompen worden aangezet of aangezet zijn;
- Start peil 1, het niveau waarop de eerste pomp wordt aangezet of aangezet is;
- Stop peil, het niveau waarop pompen normaal worden uitgezet of uitgezet zijn;
- Laag peil, het niveau waaronder pompen bij aanschakelen droog kunnen lopen.

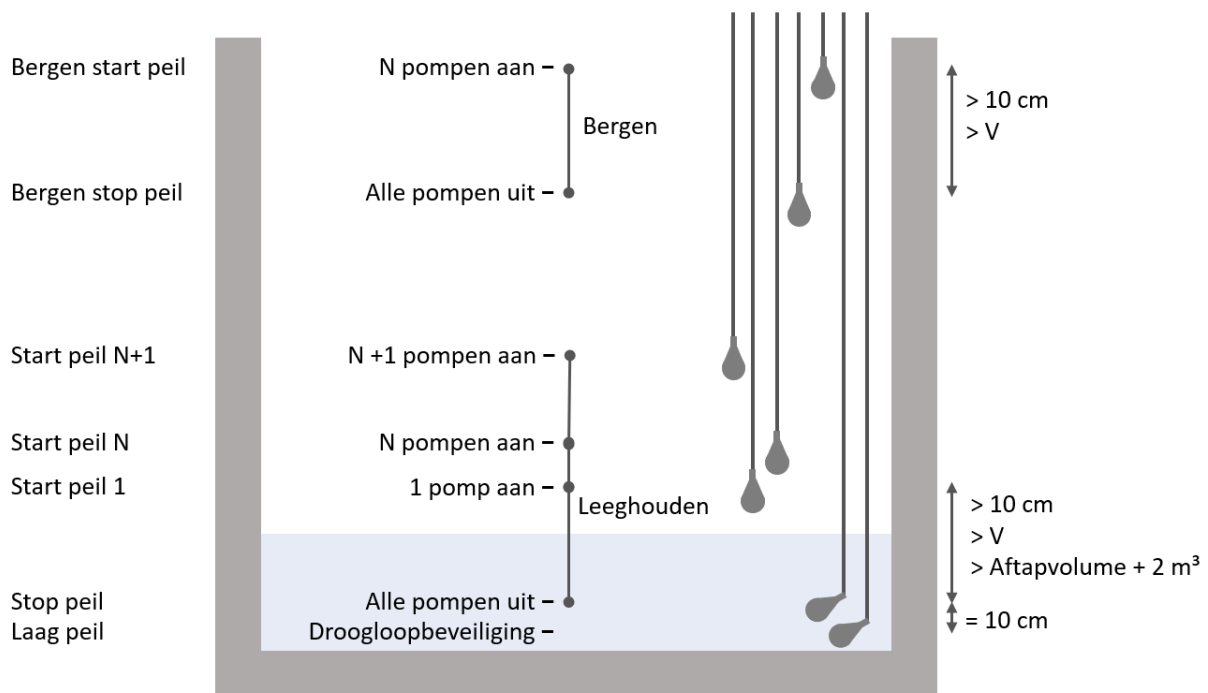
In een vuil- en drainagevloeistofopslag beschikt de peilmeetinstallatie enkel over de vier laatst vermelde peilen (Start peil N, Start peil 1, Stop peil, Laag peil).

FE. C350-027 De peilmeetinstallatie onderscheid in een schoon-, hoofd- en middenvloeistofopslag de volgende niveaus van de vloeistof:

- Bergen start peil, het niveau waarop pompen tijdens bergen worden aangezet of aangezet zijn, tijdens een normale toestand zorgt dit peil voor een waarschuwing aan het verkeerscentrum dat de opslag zijn maximale capaciteit heeft bereikt;
- Bergen stop peil, het niveau waarop pompen tijdens bergen worden uitgezet of uitgezet zijn;
- Start peil N+1, het niveau waarop alle N+1 pompen worden aangezet of aangezet zijn;
- Start peil N, het niveau waarop alle N pompen worden aangezet of aangezet zijn;
- Start peil 1, het niveau waarop de eerste pomp wordt aangezet of aangezet is;
- Stop peil, het niveau waarop pompen normaal worden uitgezet of uitgezet zijn;
- Laag peil, het niveau waaronder pompen bij aanschakelen droog kunnen lopen.

In een vuil- en drainagevloeistofopslag beschikt de peilmeetinstallatie enkel over de vier laatst vermelde peilen (Start peil N, Start peil 1, Stop peil, Laag peil).

De verschillende niveaus van de peilmeetinstallatie worden schematisch weergegeven in Figuur 3-8, alsook aan de rechterkant van de figuur enkele richtlijnen uit de hieropvolgende functionele eisen.



Figuur 3-8: Schematisch overzicht van de verschillende niveaus van een peilmeetinstallatie

De hoogte van het *Stop peil* ligt 10 cm boven het *Laag peil*. De reservehoogte van 10 cm wordt genomen, zodat bij uitval van de peilmeting van het *Stop peil* de pomp nog steeds voldoende is ondergedompeld tot de vlotter aangesproken wordt op het *Laag peil*. De vlotter van het *Laag peil* doet dienst als droogloopbeveiliging die ook dient te werken bij uitval van de interne besturing en/of in geval van onbestuurbaarheid.

FE. C350-028 De hoogte van het *Stop peil* ligt 10 cm boven het *Laag peil*. De vlotter van het *Laag peil* doet dienst als droogloopbeveiliging die ook dient te werken bij uitval van de interne besturing en/of in geval van onbestuurbaarheid.

De hoogte van het *Start peil 1* boven het *Stop peil* dient groter of gelijk te zijn aan de hoogste van de volgende waarden:

- 10 cm;
- vloeistofhoogte overeenkomend met volgend volume V [m^3]:
 - $V \geq 0,9 \times Q_p/s$
 - $V \geq 0,12 \times Q_p$
 - $V \geq 6 m^3$
 waarbij:
 - s = aantal cycli per uur, voor kleinere pompen (≤ 20 l/s): $s \leq 4$ cycli per uur, voor grotere pompen (>20 l/s): $s \leq 2$ cycli per uur;
 - Q_p = het debiet van 1 pomp [l/s];
 - V = het nuttige pompvolume [m^3].

De eerste formule is bepaald op basis van de gewenste minimale cyclustijd wat zich voordoet als het instroomdebiet gelijk is aan de helft van het pompdebiet. In de tweede formule wordt gecontroleerd dat de minimale pomptijd groter is dan 2 minuten.

- indien een aftapmogelijkheid is voorzien voor vorstbeveiliging: vloeistofhoogte overeenkomend met het volume dat bij aftappen terugloopt in de vloeistofopslag plus $2 m^3$.

FE. C350-029 De hoogte van het *Start peil 1* boven het *Stop peil* dient groter of gelijk te zijn aan de hoogste van de volgende waarden:

- 10 cm;
- vloeistofhoogte overeenkomend met volgend volume V [m^3]:
 - $V \geq 0,9 \times Q_p/s$
 - $V \geq 0,12 \times Q_p$
 - $V \geq 6 m^3$

waarbij:

s = aantal cycli per uur, voor kleinere pompen (≤ 20 l/s): $s \leq 4$ cycli per uur, voor grotere pompen (>20 l/s): $s \leq 2$ cycli per uur;

Q_p = het debiet van 1 pomp [l/s];

V = het nuttige pompvolume [m^3].

- indien een aftapmogelijkheid is voorzien: vloeistofhoogte overeenkomend met het volume dat bij aftappen terugloopt in de vloeistofopslag plus $2 m^3$.

De hoogte van het *Start peil N* is het niveau waar alle N pompen zijn ingeschakeld en ligt minimaal 10 cm hoger dan het *Start peil 1*. Daarnaast is de vloeistofhoogte tussen *Start peil N* en *Start peil 1* minimaal gelijk aan de hoogte overeenkomend met het volume V [m^3]: $V \geq 0,9 \times Q_p/s$ en $V \geq 0,12 \times Q_p$ waarbij $s \leq 2$ cycli per uur, en Q_p = het debiet van alle N pompen opgeteld [l/s]. Indien het aantal pompen N groter is dan 2, is het aan te raden om alle $N-1$ pompen niet tegelijk aan te zetten, en hiervoor tussen *Start peil 1* en *Start peil N* extra niveaus toe te voegen waarop telkens één pomp ingeschakeld wordt.

FE. C350-030 De hoogte van het *Start peil N* is het niveau waar alle N pompen zijn ingeschakeld en ligt minimaal 10 cm hoger dan het *Start peil 1*. Daarnaast is de vloeistofhoogte tussen *Start peil N* en *Start peil 1* minimaal gelijk aan de hoogte overeenkomend met het volume V [m^3]: $V \geq 0,9 \times Q_p/s$ en $V \geq 0,12 \times Q_p$ waarbij $s \leq 2$ cycli per uur, en Q_p = het debiet van alle N pompen opgeteld [l/s].

Het aanslagpeil van de reservepomp (*Start peil N+1*) ligt boven *Start peil N* en wordt bepaald op basis van de gewenste terugkeerperiode waarmee deze extra pomp in werking treedt. Om het afwaartse watersysteem niet te frequent zwaar te belasten, wordt deze frequentie laag gehouden. Een standaardwaarde hiervoor is 1/10e van de gebruikte terugkeerperiode voor de opslag. De beheerder van het ontvangende oppervlaktewater of riool, kan deze optrekken tot een grotere terugkeerperiode.

FE. C350-031 Het aanslagpeil van de reservepomp (*Start peil N+1*) ligt boven *Start peil N* en wordt bepaald op basis van de gewenste terugkeerperiode waarmee deze extra pomp in werking treedt. Om het afwaartse watersysteem niet te frequent zwaar te belasten, wordt deze frequentie laag gehouden. Een standaardwaarde hiervoor is 1/10e van de gebruikte terugkeerperiode voor de opslag.

Bergen start peil is de theoretisch maximale vloeistofhoogte in de beschouwde opslag. Bij het bereiken van het *Bergen start peil* dient het ontluchtings/beluchtingssysteem van de vloeistofkelder nog steeds te functioneren. Er mag geen vloeistof in de omliggende (daarvoor niet voorziene) ruimtes terechtkomen. Indien een overstort aanwezig is, wordt de hoogte van de overstort het niveau *Bergen start peil*.

De hoogte van het *Bergen start peil* ligt minimaal 10 cm boven het *Bergen stop peil*. Daarnaast is de vloeistofhoogte tussen het *Bergen start* en *Bergen stop peil* minimaal gelijk aan de hoogte overeenkomend met het volume V [m^3]: $V \geq 6m^3$, $V \geq 0,9 \times Q_p/s$ en $V \geq 0,12 \times Q_p$ waarbij $s \leq 2$ cycli per uur, en Q_p = het debiet van alle N pompen opgeteld [l/s].

FE. C350-032 De hoogte van het *Bergen start peil* ligt minimaal 10 cm boven het *Bergen stop peil*. Daarnaast is de vloeistofhoogte tussen het *Bergen start* en *Bergen stop peil* minimaal gelijk aan de hoogte overeenkomend met het volume V [m^3]: $V \geq 6m^3$, $V \geq 0,9 \times Q_p/s$ en $V \geq 0,12 \times Q_p$ waarbij: $s \leq 2$ cycli per uur, en Q_p = het debiet van alle N pompen opgeteld [l/s].

Bij het bereiken van het *Bergen start peil* dient het ontluuchttings/beluchttingsysteem van de vloeistofkelder nog steeds te functioneren en mag er geen vloeistof in de omliggende (daarvoor niet voorziene) ruimtes terechtkomen, indien een overstort aanwezig is wordt de hoogte van de overstort het *Bergen start peil*.

Een peilmeetinstallatie kan uitgevoerd worden met een vlotter op elk niveau zoals weergegeven in Figuur 3-8 en al dan niet aangevuld met een continu meetsysteem (vb. sonar of hydrostatisch). Het is ook mogelijk om in hoofdzaak een continu meetsysteem te gebruiken en dit aan te vullen met vlotters op de meest cruciale peilen. Er wordt steeds een vlotter voorzien op *Laag peil*, *Start peil N* en *Bergen start peil*.

De kans op fouten en storingen van een vlotter is klein maar niet onbestaand. Aan de hand van de logische volgorde tussen de vlotters of een tegenstrijdigheid tussen de vlotters en een continu meetsysteem kunnen foutmeldingen doorgegeven worden.

FE. C350-033 Er wordt steeds een vlotter voorzien op *Laag peil*, *Start peil N* en *Bergen start peil*. Daarnaast wordt gebruikgemaakt van een continu meetsysteem om de niveaus te onderscheiden of van vlotters op alle niveaus.

3.4 BEDIENING

De besturing van de verschillende onderdelen van het vloeistofafvoersysteem is dynamisch en afhankelijk van de bedrijfstoestand van de tunnel. De informatie die in dit deel terug te vinden is op dit moment voornamelijk informatief om het totaalbeeld toch al mee te geven. Na publicatie van het hoofdstuk 'C800 Bediening Besturing en Bewaking' zullen de bepalingen rond de bediening vastgelegd worden.

Het besturingssysteem van de tunnel communiceert met de 'coördinatie vloeistofafvoer', die vervolgens commando's geeft aan de besturing van de verschillende onderdelen (o.a. de pompstations) zoals weergegeven in Figuur 3-9.

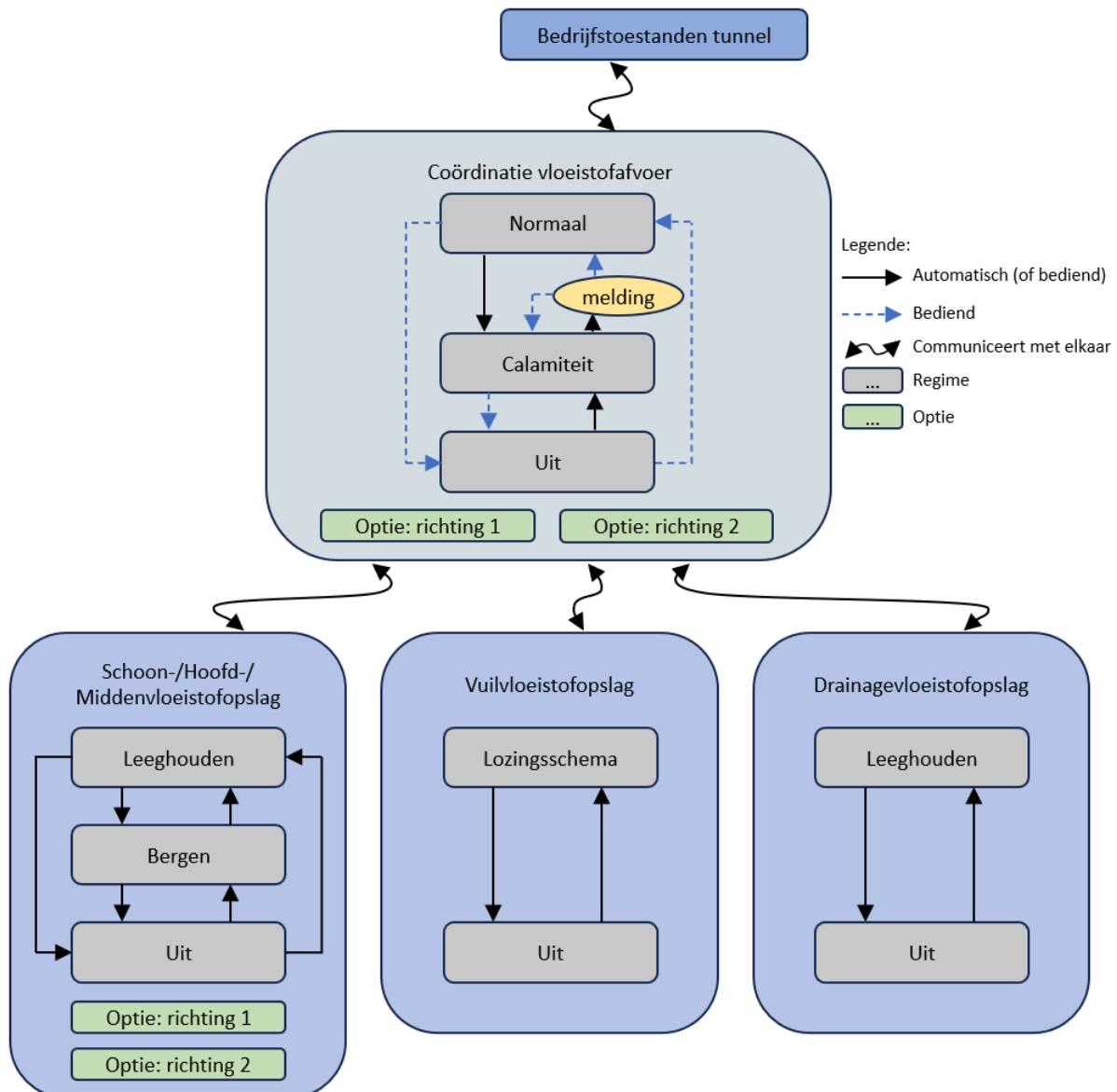
De 'coördinatie vloeistofafvoer' onderscheidt de volgende regimes:

- **Normaal:** Het systeem bevindt zich in de normale toestand waarbij de vloeistoffen afgevoerd worden. De verschillende pompstations bevinden zich in het regime 'Leeghouden' of 'Lozingsschema'.
- **Calamiteit:** Dit regime wordt gebruikt als er een calamiteit is in de tunnel. Vloeistoffen worden dan zo veel mogelijk opgevangen in de kelders. Pompstations die beschikken over een regime 'Bergen' volgen dit regime 'Bergen'. Andere pompstations staan in 'Uit'.
- **Uit:** In dit regime worden er geen vloeistoffen afgevoerd. Alle onderliggende pompstations bevinden zich in het regime 'Uit'.

De 'coördinatie vloeistofafvoer' beschikt daarnaast over een optie die de afvoerrichting bepaalt (indien bestuurbaar). Deze optie geeft aan in welke richting de pompstations best hun vloeistoffen afvoeren. De meeste middenkelders zijn namelijk uitgevoerd met een bestuurbare afvoerkeuze. Indien er brand is in een bepaalde voertuigkoker worden de rookgassen afgevoerd richting de tunneluitgang en vluchten de mensen in de andere richting. Op dat moment is het aangeraden dat vervuilde (en mogelijk gevaarlijke) vloeistoffen afgevoerd worden naar de locatie tegen de vluchtrichting in. Indien geen van beide opties gekozen wordt dan gebruikt het pompstation zijn voorkeursrichting.

- **Optie: richting 1:** Afvoer van vloeistoffen vindt bij voorkeur plaats in deze richting. De naam van de optie kan wijzigen naar benaming die duidelijk is (vb: 'Optie: richting Noord').

- **Optie: richting 2:** Afvoer van vloeistoffen vindt bij voorkeur plaats in deze richting. De naam van de optie kan wijzigen naar benaming die duidelijk is (vb: 'Optie: richting Zuid').



Figuur 3-9: Representatie van de verschillende regimes voor het vloeistofafvoersysteem

Een pompstation in een vloeistofopslag beschikt over een selectie van de volgende regimes:

- **Leeghouden:** De vloeistofopslag wordt zo leeg mogelijk gehouden zodat bij een start van een regenbui de opslag over zijn maximale bergingscapaciteit beschikt. De peilmeetinstallatie gebruikt de volgende verschillende peilen: Start peil N+1, Start peil N, Start peil 1, Stop peil en Laag peil. Dit regime is actief onder het regime 'Normaal' voor alle pompstations behalve die van de vuilvloeistofopslag.
- **Lozingschema:** De vuilwateropslag wordt periodiek geleegd op basis van een vooraf vastgesteld lozingschema. De pompen dienen aan en mogelijk af te slaan op basis van tijdstippen en/of andere criteria die hierin zijn vastgelegd in samenspraak met de rioolbeheerder en/of waterbeheerder. Dit regime is actief onder het regime 'Normaal' voor het pompstation van de vuilvloeistofopslag.
- **Bergen:** De pompen worden zo veel mogelijk uitgeschakeld, maar worden automatisch ingeschakeld indien de opslag zijn maximale capaciteit dreigt te bereiken. De peilmeetinstallatie gebruikt de volgende verschillende peilen: Bergen start peil en Bergen stop peil. Dit regime is actief onder het regime 'Calamiteit' bij een schoon-/ hoofd- en middenvloeistofopslag.
- **Uit:** Alle pompen worden en blijven uitgeschakeld, enkel handmatige bediening (op afstand) kan deze

terug aanzetten. Dit regime is actief onder het regime 'Calamiteit' voor een vuil- en een drainagevloeistofopslag indien er een overstort is van deze opslagen naar een opslag die over het regime Bergen beschikt. Dit regime is actief onder het regime 'Uit' voor alle opslagen.

Opslagen die beschikken over een bestuurbare afvoerrichting beschikken ook over de optie die de afvoerrichting bepaalt (**Optie: richting 1** en **Optie: richting 2**). Deze optie volgt de optie van 'coördinatie vloeistofafvoer' zolang er geen foutmelding wordt gegeven aan een bepaalde richting. Een afvoerrichting kan tijdelijk in onderhoud zijn, dan wordt de andere afvoerrichting gebruikt.

3.5 BESTURING EN BEWAKING

De besturing van een pompstation is in die mate uitgewerkt dat deze de verschillende regimes van toepassing op dat pompstation ondersteunt. Hiervoor wordt gebruikgemaakt van een peilmeetinstallatie zoals beschreven in [sectie 3.5.4](#). Elke pomp dient gemiddeld minimaal eenmaal per maand te draaien, tenzij deze defect is. Er wordt een rotatiesysteem toegepast waarbij afwisselend gebruik wordt gemaakt van de beschikbare pompen, inclusief de reservepomp, dewelke bij 'Start peil 1' (en de hoger gelegen peilen) ingeschakeld wordt. Specifiek de aansturing aanpassen op basis van het aantal draaiuren is niet nodig, aangezien gemiddeld gezien de pompen evenveel gebruikt zullen worden door het rotatiesysteem.

Het besturingssysteem van een component moet in staat zijn commando's van de bediening te krijgen als ook de toestand door te geven waar het zich in bevindt. In een latere fase zal de besturing en bewaking verder uitgewerkt worden.

3.6 RAAKVLAKEISEN

Hierin komen de eisen die in andere hoofdstukken van de Vlaamse Tunnelrichtlijn worden vastgelegd, maar die een relevant raakvlak hebben met de vloeistofopvang of de vloeistofafvoer. Enkel de effectieve functionele eisen worden hier overgenomen, voor meer toelichting wordt verwezen naar het desbetreffende hoofdstuk. Indien er een discrepantie bestaat tussen de eisen hier overgenomen en de oorspronkelijke eis, geldt steeds de oorspronkelijke eis.

In deze versie (1.0) van het hoofdstuk zijn nog geen raakvlakeisen opgenomen.

4 REFERENTIES

- Aquafin. (2024). *Ontwerprichtlijnen Pompstations*
- Centrum voor ondergronds bouwen (COB). *Handboek Tunnelbouw*. Geraadpleegd september 2023 op <https://www.cob.nl/wat-doet-het-cob/vakgebieden/tunnels-en-veiligheid/handboek-tunnelbouw/>
- Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid. (2012). *Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen*
- Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2002). *Scheidingssystemen voor lichte vloeistoffen (bijv. Olie en benzine) – Deel 1: Principes van productontwerp, prestaties en testen, markering en kwaliteitscontrole (NBN EN 858-1:2002)*.
- Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2003). *Afwateringsgoten voor verkeersgebieden - Classificatie, ontwerp- en beproevingseisen, merken en conformiteitsbeoordeling (NBN EN 1433:2003)*.
- Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2003). *Afscheiders voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en benzine) – Deel 2: Bepaling van nominale afmeting, installatie, functionering en onderhoud (NBN EN 858-2:2003)*.
- Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2016). *Veiligheid van machines - Permanente toegangsmiddelen tot machines - Deel 4: Vaste ladders (NBN EN ISO 14122-4:2016)*.
- Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2021). *Explosieve atmosferen - Deel 10-1: Classificatie van gebieden - Explosieve gasatmosferen (NBN EN IEC 60079-10-1:2021)*.
- Nationaal Bureau voor Normalisatie (NBN). (2022). *Hot dip galvanized coating on fabricated iron and steel articles – Specification and test methods (NBN EN ISO 1461:2022)*.
- Rijkswaterstaat. *Landelijke Tunnelstandaard release 1.2 Service pack 2, 27 januari 2023*.
- Sumaqua. (2018). *Impact van klimaatverandering op rioleringen*. <https://www.vlario.be/site/files/downloads/Rapport-VLARIO-impact-klimaatverandering-op-rioleringen.pdf>
- VITO. (2016). *Code van goede praktijk voor installatie onderhoud en controle van elektromagnetische debietmeting van afvalwater in gesloten systemen*. <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/code-van-goede-praktijk>
- VITO. (2019). *Code van goede praktijk voor installatie, onderhoud en controle van meetinrichtingen voor opgepompt grondwater* <https://emis.vito.be/nl/erkende-laboratoria/water-gop/code-van-goede-praktijk>
- Vlaamse overheid. Agentschap Wegen en Verkeer. (2009). *Ontwerprichtlijn pompstations voor tunnels en laaggelegen wegvakken - versie 0.1*.
- Vlaamse overheid. Agentschap Wegen en Verkeer. (2023). *Vademecum weginfrastructuur (VWI): deel Europese hoofdwegen*. https://wegenverkeer.be/sites/default/files/uploads/documenten/vwi_deel_europese_hoofdwegen_0_0.pdf
- Wolfs, V., Ntegeka, V., Willems, P., Francken, W. (2018). *Impact van klimaatverandering op rioleringen. (Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van VLARIO)*. VLARIO vzw. <https://www.vlario.be/site/files/downloads/Rapport-VLARIO-impact-klimaatverandering-op-rioleringen.pdf>