

Waterberging Wormerveer – Toelichting inspanningsverplichting

Project : 770 WOR – Vlasblomweg 22 te Wormerveer
Datum : 11-11-2025
Acquisteur : Annemijn van de Kamp
Bouwcoördinator : Michel Okyere

In het kader van de vergunningsaanvraag voor het nieuwe filiaal aan het Delflandplein lichten wij graag onze inspanningsverplichting toe met betrekking tot de gevraagde waterberging.

Vereiste waterberging

Op basis van de uitgangspunten zoals door de gemeente verstrekt, bedraagt de vereiste waterberging:

$$- ((1985 + 1615) \times 0,07) + (380 \times 0,035) = \mathbf{265,3 \text{ m}^3}$$

Onderzoek naar dakberging

Wij hebben onderzocht in hoeverre het dakvlak kan bijdragen aan deze waterberging, met toepassing van een sedumconstructie (MobiRoof ECO) met een waterbergend vermogen van 20 liter per m².

- Huidige ontwerp: 370 m² sedumoppervlak → 7,4 m³ waterberging
- Volledige daktoepassing: 1790 m² sedumoppervlak → 35,8 m³ waterberging

Hoewel volledige toepassing op het dak een grotere bijdrage zou leveren, is ervoor gekozen om het dak **niet volledig** te voorzien van mossedum. Dit vanwege mogelijke constructieve consequenties die een volledige belasting met zich mee zou brengen, en het feit dat het volledig toepassen van een mossedumoppervlak slechts een gering verschil maakt ten opzichte van het totale waterbergingsvraagstuk.

Aanvullend systeem – Aquaflow

In overleg met Civil Support en Aquaflow is een aanvullend systeem doorgerekend dat onder de verharding toegepast kan worden. Op basis van de bijgevoegde verdeling zijn de volgende oppervlakken beschikbaar:

- Rood gebied: 1300 m²
- Blauw gebied: 1088 m²
- **Totaal oppervlak: 2388 m²**

Op basis van deze verdeling en het gekozen systeem (met een bergingshoogte van 0,3 m en een retentiepercentage van 40%) komt de totale waterretentie uit op:

$$- 2388 \text{ m}^2 \times 0,3 \text{ m} \times 40\% = \mathbf{286,56 \text{ m}^3}$$



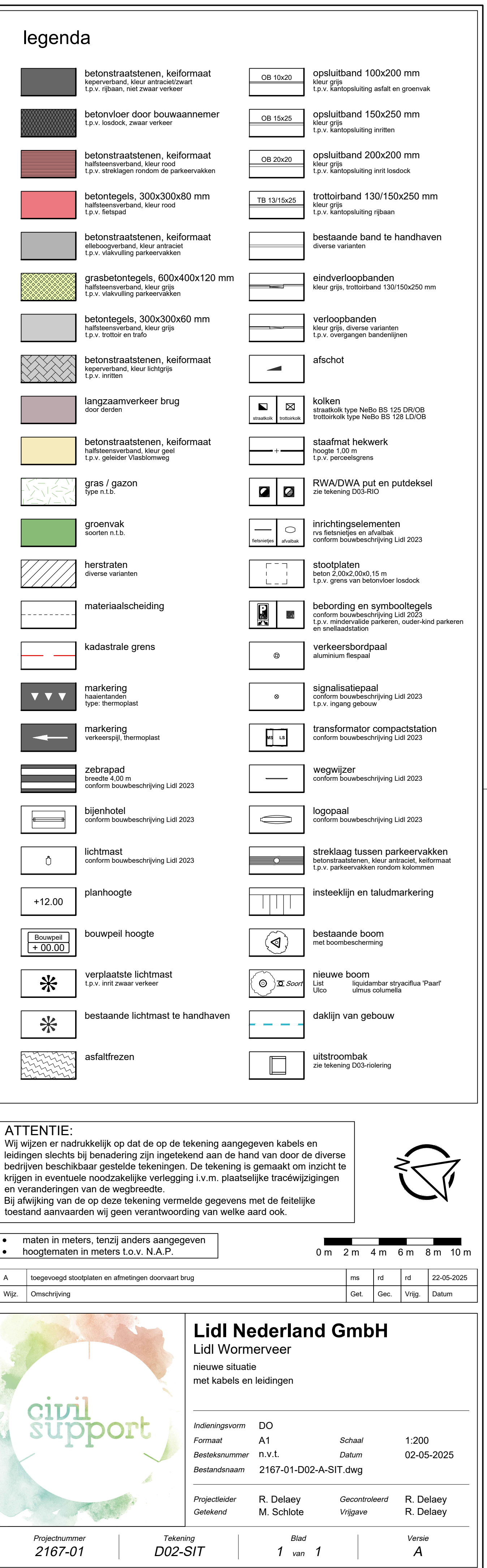
MEMO

Conclusie

Met het gekozen systeem onder de verharding kan worden voldaan worden aan de gestelde waterbergingsopgave van **265,3 m³**. De bijlage toont de verdeling van de toegepaste oppervlakken. Ter onderbouwing zijn tevens de specificatiebladen van Aquaflow bijgevoegd.

Dit voorstel is tot stand gekomen in overleg met Civil Support (civieltechnisch adviseur) en Aquaflow (leverancier).

Wij vertrouwen erop u hiermee voldoende geïnformeerd te hebben en blijven uiteraard beschikbaar voor verdere toelichting.



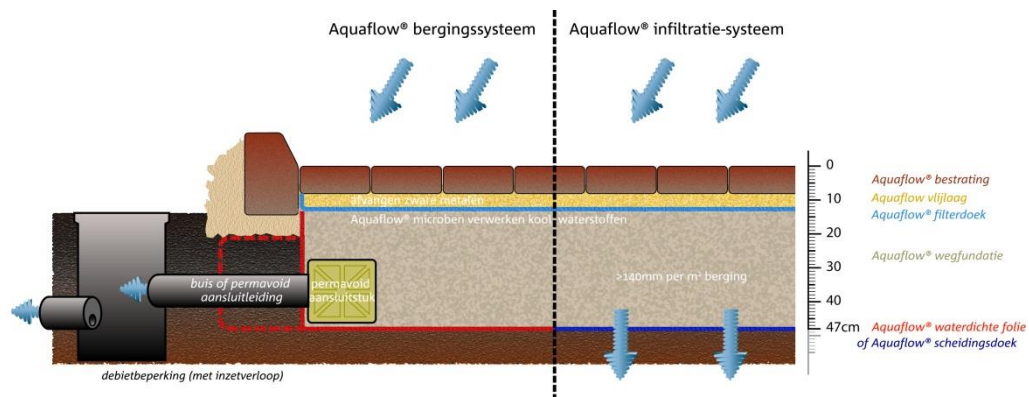
Aquaflow®, basisuitvoeringen

Het Aquaflow® systeem – diverse varianten

Aquaflow® kan uitgevoerd worden in een aantal basisvarianten met elk zijn specifieke toepassingsgebied. Daarbij wordt rekening gehouden met de wens om het hemelwater te zuiveren, met de verkeersbelasting, draagkracht van de ondergrond en de gewenste prijs-kwaliteits verhouding van het systeem.

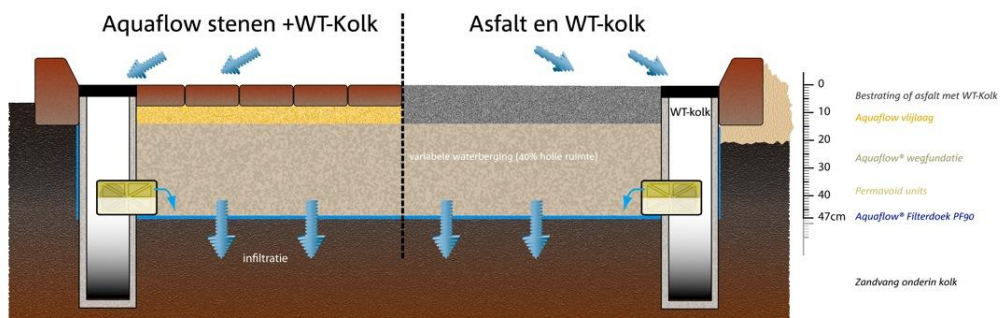
Aquaflow® Regular (de standaard)

- 35cm fundatie, 4cm vlijlaag, scheidingsdoek, filterdoek, microben, bestrating.
- Berging van 140 liter/m², afvangen zware metalen en zuivering van koolwaterstoffen
- Geschikt voor woonstraten en parkeerterreinen (incl. vrachtwagens).
- Stijfheid: bij goede verdichting tot 1400 MPa



Aquaflow® Regular met WT kolk

- Opbouw gelijk aan Aquaflow Regular (zie boven). Soms wordt het olieverwerkend filterdoek onderin het systeem aangebracht.
- Waterafvoer met kolken, al dan niet in combinatie met doorlatende verharding
- Bij asfalt is geen vlijlaag nodig.



(Aquaflow® Regular bevat gepatenteerde onderdelen)

Aquaflow®, basisuitvoeringen

Aquaflow® als geulprincipe

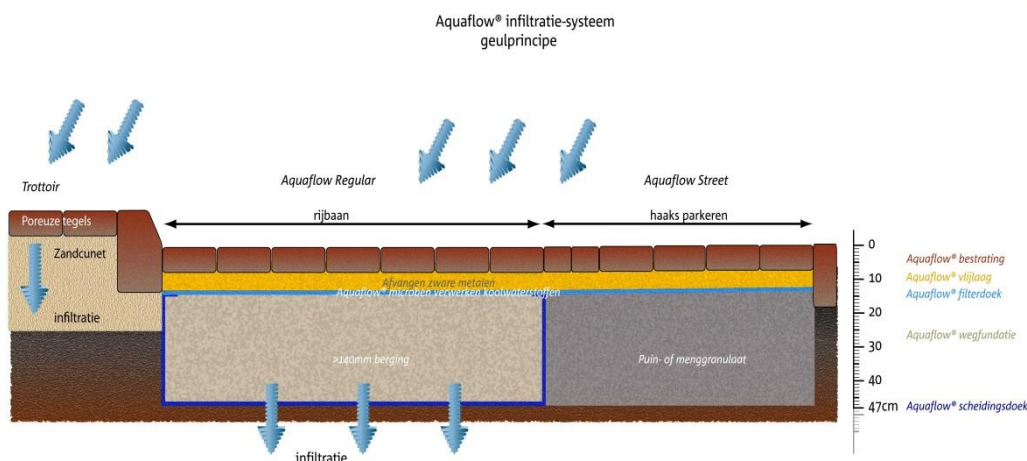
Bij het Aquaflow geulprincipe wordt de benodigde waterberging in "geulen" onder de bestrating gerealiseerd. De opbouw bestaat uit twee delen: Aquaflow Regular en Aquaflow Street.

Hoe werkt het?

Regenwater infiltreert via de Aquaflow® stenen naar de vlijlaag (WT kolk kan ook). Vervolgens stroomt het door het Filterdoek PF90 in de Aquaflow-fundering, of loopt er vanaf de zijkant via de vlijlaag naartoe. De puinfundering infiltreert namelijk niet tot nauwelijks, en wordt daarom licht onder afschot geprofileerd.

Wat zijn de eigenschappen?

- Goede waterafvoer en weinig onderhoud (vuil verplaatst niet en verzamelt zich daardoor niet)
- Kostenbesparing door gedeeltelijke toepassing van menggranulaat.
- Mogelijkheid tot volledig vlak straten.
- Gelijk zettingsgedrag van Aquaflow hardsteen 8-32+mm type MHK53 ten opzichte van menggranulaat 0-40mm.
- Mogelijkheid tot verplaatsen van de 'geul' in verband met kabels en leidingen en soms zelfs splitsen van de geul (positionering in de goten)



- Het hemelwater kan ongeveer 10 meter horizontaal door de vlijlaag stromen, richting de geul. Bij waterverplaatsing over meer dan 5 meter afstand, is een licht afschot naar de geul aan te bevelen.

(Aquaflow® als geulprincipe bevat gepatenteerde onderdelen)

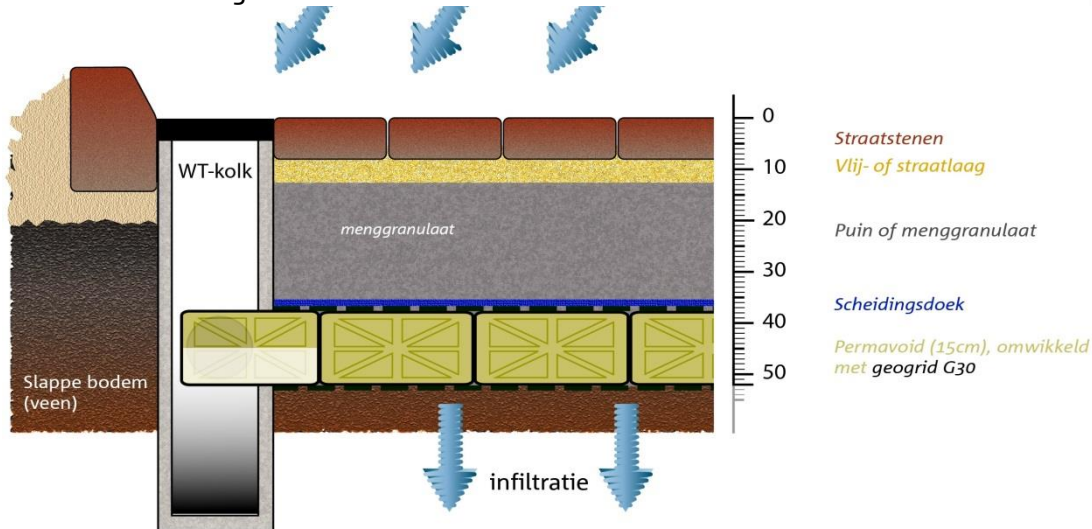
Aquaflow® Street

- 4cm vlijlaag, filterdoek, microben, bestrating (bovenstaande figuur rechts).
- berging 12-15 liter/m2, afvangen zware metalen en zuivering van koolwaterstoffen
- in combinatie met Aquaflow® Regular (als geulprincipe). Aquaflow® street wordt in dat geval aangelegd op een puinfundatie.
- Toepassing: bij licht verkeer in gebieden met goede grondslag.

Aquaflow®, basisuitvoeringen

Aquaflow® Argimedes (voor gebieden met slappe bodems)

Aquaflow® Argimedes (denk aan de wet van Archimedes) zorgt ervoor dat in gebieden met slappe grond het gewicht van de weg wordt beperkt en dat er tegelijkertijd voldoende sterkte wordt bereikt. Het systeem kan worden uitgevoerd met het Aquaflow pakket of met WT kolken en normale verharding



Aquaflow® Argimedes (denk aan de wet van Archimedes) zorgt ervoor dat in gebieden met slappe grond het gewicht van de weg wordt beperkt en dat er tegelijkertijd voldoende sterkte wordt bereikt.

Aquaflow® Argimedes (met Permavoid)

- Gewichtsreductie door toepassing permavoid units van 15cm hoogte.
- Gewicht: 640 kg/m² (dit is +/- 1230 kg/m³), inbouwhoogte 52 cm
- Berging : 140 liter/m²
- Toepassing: gebieden met zeer slappe grond met woonwijk verkeer



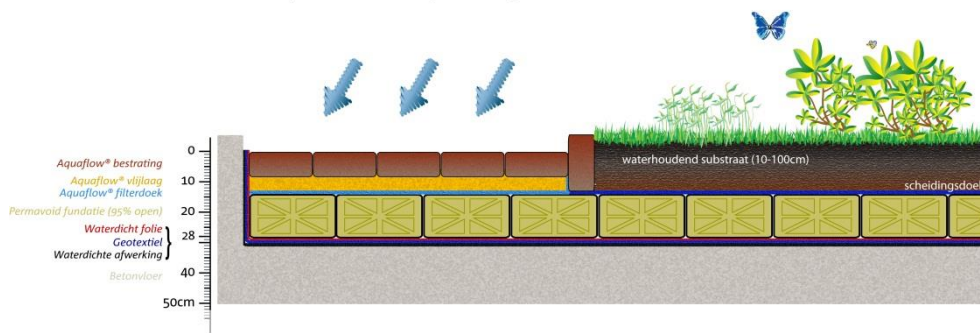
Aquaflow® Argimedes met permavoid in Gouda



Aquaflow® op daken (Dakwater)

- Waterdichte laag op een plat dak (veelal van beton), fundatie van 7,5 of 15cm permavoid units, filterdoek, 4cm vlijlaag, microben en bestrating.
- Berging van 70 - 140 liter/m², afvangen zware metalen en zuivering van koolwaterstoffen
- Ook uitvoerbaar met complete daktuin
- Toepassing: diverse mogelijkheden, o.a. parkeergarages, daken van appartementen complexen etc.
- Agentschap NL verleent subsidie van 30% (bestraat dak) tot 40% (beplant dak)

Aquaflow® Dakwater opbouw met groenstrook



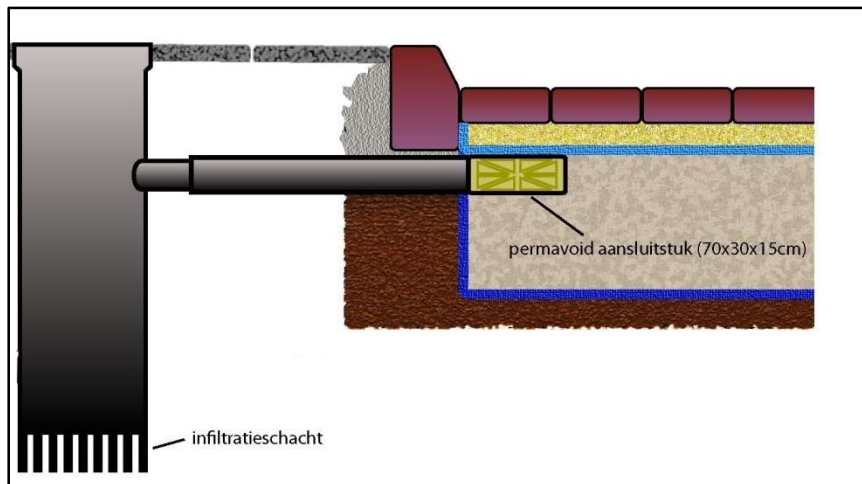
(De dakwater oplossing is gepatenteerd)



Aanleg Dakwater – waterberging op parkeergarage in Oostvoorne

Ontluchting Aquaflow fundering

Het Aquaflow systeem wordt regelmatig toegepast onder een (bijna) dichte verhardingslaag (dicht straatwerk of asfalt). Het is dan raadzaam om ontluchtingspunten aan te brengen. Lucht gaat er ongeveer 5x zo snel uit als water erin. Een vuistregel voor het aantal ontluchtingspunten is: minimaal 1 st. per 75 m³ bergingsruimte in het Aquaflowpakket. Het heeft de voorkeur om de ontluchting op hoger niveau aan te brengen, bijvoorbeeld in naastgelegen trottoir of groenzone.



Schematische weergave ontluuchtingsconstructie



Degelijke ontluuchtingsconstructie met kolkkop



Eenvoudige ontluchting van roestvaststaal 17x17cm



Water in de wegfundering...

Waterbergende wegen goed gefundeerd.

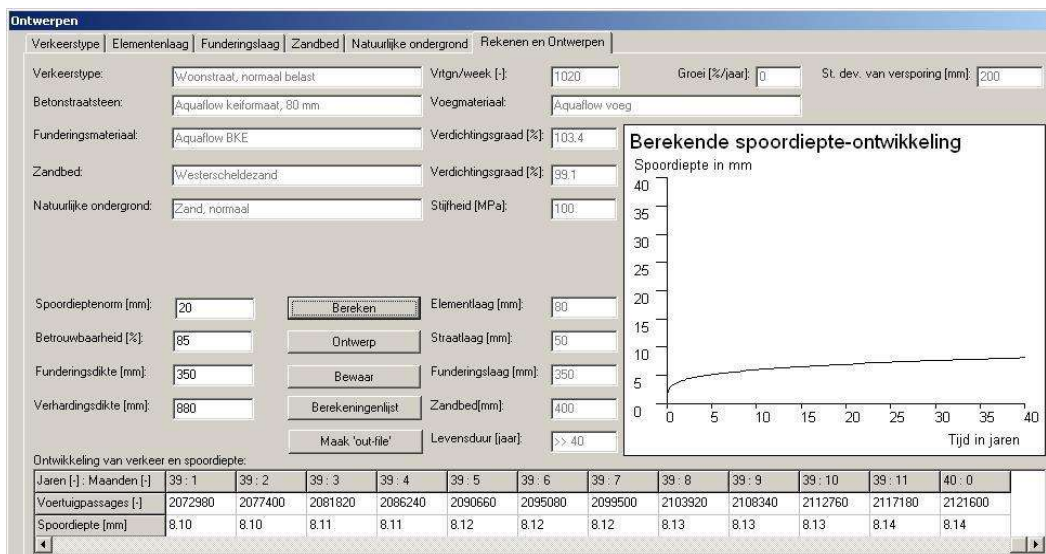
Waar let u op als u hemelwater in de wegfundering wilt bergen? Hoe voorkomt u dat de fundering door het water verpapt en op "drijfzand" gaat lijken? Waarom gaat de constructie, met 40% holle ruimte, niet schuiven? Kortom: Wat zijn de randvoorwaarden voor een goed ontwerp? Aquaflow® is uitgebreid wetenschappelijk onderbouwd en op grote schaal aangelegd en beproefd in de praktijk, ook met zwaar verkeer. De TU Delft heeft Aquaflow onderzocht en vastgesteld dat een fundering met water in de holle ruimtes, even goed kan presteren (een zelfde stijfheid heeft) als een traditioneel wegontwerp met een fundering van menggranulaat. Al dient de waterbergende fundering dan wel aan een aantal cruciale voorwaarden te voldoen.



Water bergen in wegen kan alleen indien aan de juiste voorwaarden wordt voldaan.

Ontwerpen; basis van alle wegebouw

Een wegfundering gaat lang mee als alle variabelen kloppen. Het weglichaam eronder moet bijv. voldoende draagkracht hebben. Daarom is het verstandig om de levensduur van een weg vooraf te berekenen. Dit kan o.a. met het programma Bescon van het CROW. In Bescon wordt rekening gehouden met factoren als grondsoort, verkeersbelasting, type verharding, mate van verdichting, etc.



Met Bescon (CROW) kan de levensduur (c.q. het "herstraatmoment") van een weg berekend worden.

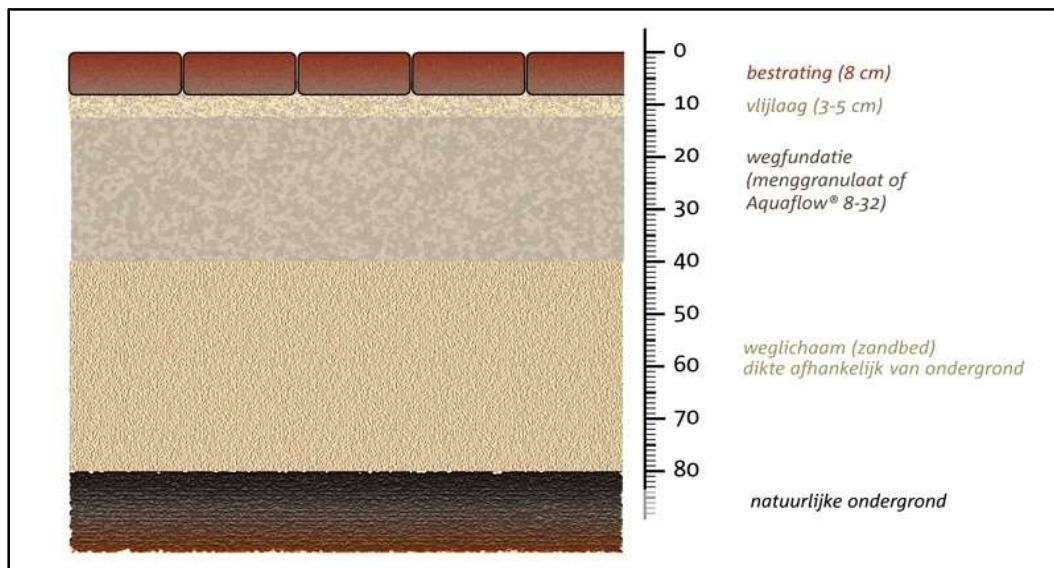
Water in de wegfundering...

Aandachtspunten bij ontwerpen van waterbergende wegen:

In principe is het zo dat de waterbergende weg, inclusief met water gevulde holle ruimte, net zo lang mee moet gaan als een traditionele weg. Dit is ook de opdracht die de TU Delft destijds van Aquaflow B.V. heeft meegekregen. Het blijkt dat de stijfheid van een goed aangelegde Aquaflow fundering $> 600 \text{ MPa}$ bedraagt, hetgeen nog beter is dan wegen gefundeerd op menggranulaat. Daardoor kan er ook direct op de Aquaflow fundering worden geasfalteerd.

1. Een goede ondergrond (onderfundering):

- Als de conusweerstand onder in het cunet $< 2,5 \text{ Mpa}$ bedraagt kan de ondergrond de weg niet kan dragen, bij $> 4 \text{ MPa}$ is het i.h.a. goed (o.a. zand).
- Let wel op; niet alle zandsoorten zijn even draagkrachtig. De doorlatendheid (drainzand) en de draagkracht (scherp zand) werken vaak tegengesteld.
- Bij Aquaflow® als infiltrerend systeem, dient men er rekening mee te houden dat sommige grondsoorten (o.a. leem en lös) in droge omstandigheden draagkrachtig zijn, maar nat "boterzacht" worden. Het devies luidt dan: grond verbeteren tot grotere diepten (80cm), of Aquaflow, als bergend systeem aanleggen, en met folie waterdicht maken, zodat de bodem droog blijft.



Wegopbouw: bestrating, vlijlaag, fundering (bijv. Aquaflow) en onderfundering

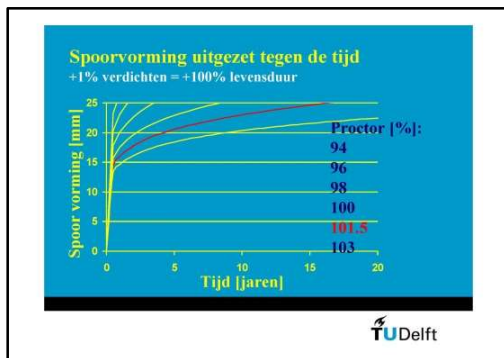
2. Fundering goed verdichten

- Goed verdichten is, net als bij normale wegen, cruciaal. Wat men vooraf niet verdicht zal het verkeer achteraf naverdichten (zetting onder de wielen).
- Bij het verdichten (aftrillen) moet het funderingsmateriaal de verdichtings-energie kunnen opvangen zonder daarbij te verbrijzelen. Als het materiaal te zacht is kan het vergruizen tot menggranulaat. Daarom wordt de Aquaflow® fundering opgebouwd met zeer harde steenslag (LA waarde < 20).

Als er minder geschikte materialen worden gebruikt, bestaat het risico dat:

- de holle ruimte ongeschikt raakt voor waterberging (bij teveel fijne delen ontstaat waterspanning).
- de weg civiel technisch ondermaats presteert, hetgeen zich uit in vervorming (naverdichten) of verplaatsing (afschuiven) van de fundering.

Water in de wegfundering...



Figuur 1 : Levensduur neemt sterk toe door grondig verdichten



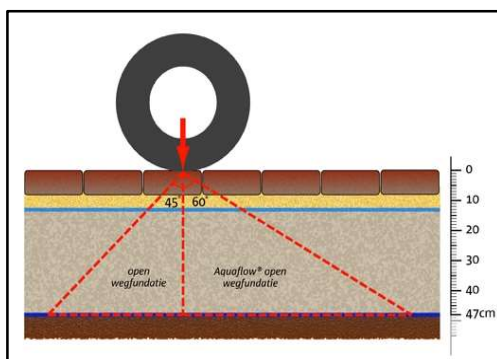
Door de hardheid (LA < 20) blijft het % holle ruimte intact

3. De fundering mag niet gaan schuiven (schuifvlakken)

Bij standaard wegfunderingen met menggranulaat (0-40mm) zijn de “holle ruimtes” gevuld met fijne delen en speelt het risico op afschuiven geen grote rol. Er is sprake van een goede cohesie (pakking) van het menggranulaat onderling. Bij waterbergende wegen zijn deze fijne delen niet aanwezig en is er nauwelijks cohesie. Om dit te compenseren en afschuiven te voorkomen, is een grote hoek van inwendige wrijving noodzakelijk. Deze grote hoek ontstaat met name door de ongelijkmatige en hoekige korrelvorm (hoge haakweerstand) en korrelsamenstelling (er worden vijf gradaties steenslag in een optimale verhouding gemengd). Bij Aquaflow is deze hoek > 55°, bij zware belastingen oplopend naar 60°.

Ter illustratie: hoek van inwendige wrijving (ϕ) voor diverse materialen

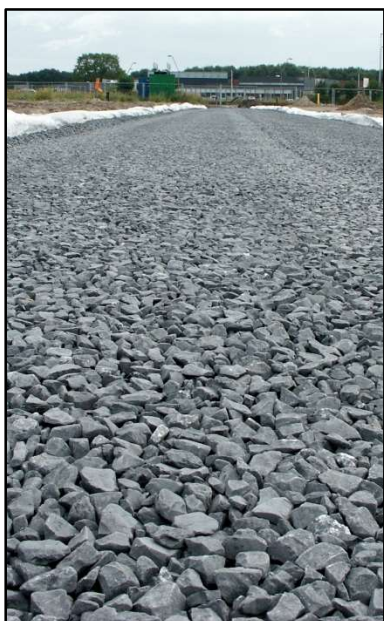
Klei en leem (nat)	: 20 ° - 25 °
Klei en leem (droog)	: 40 ° - 50 °
Zand	: 28 ° - 33 °
Gebroken grind	: 35 ° - 40 °
Basalt lava	: 40 ° - 45 °
Hardsteensplit (onbewerkt)	: 35 ° - 45 °
Aquaflow® 8-32mm (MHK53)	: 55 ° - 60 °



Figuur 2: hoek van inwendige wrijving > 55° levert brede spreiding van krachten naar de ondergrond.

Water in de wegfundering...

Door de grote spanningsspreiding presteert Aquaflow® even goed of zelfs beter dan een fundering van menggranulaat. Dit maakt Aquaflow® uniek; een weg waarin water geen schade aanricht. Dit resultaat is het gevolg van uitgebreid wetenschappelijk onderzoek naar het gedrag van de Aquaflow fundering bij langdurig herhaalde verkeersbelastingen. Dat het allerm minst vanzelfsprekend is en beslist niet het geval bij een willekeurig “gelijkend” steenslag mengsel blijkt uit het volgende. Op 47cm diepte (de normale inbouwhoogte van Aquaflow®) is de belasting bij Aquaflow ca. 300% ! lager (dus langere levensduur) dan bij een mengsel met een meer gebruikelijke wrijvingshoek van 40° - 45°. Om deze 15° verschil met Aquaflow te compenseren zou een normale steenslag fundering +/- 35cm dikker moeten worden uitgevoerd.



De Aquaflow® wegfundering heeft 40% holle ruimte voor waterberging en een stijfheid van ≥ 600 MPa.

6	Aanbrengen van een wegfundering van ongebonden steenmengsel.	m2
	Totale laagdikte 350 mm	
	Aanbrengen in lagen van maximaal 200 mm	
	Steenmengsel van natuurlijk gesteente	ton
	Betreft Aquaflow meervoudig gebroken hardsteen 8-32+ mm, samenstelling conform mengsel-type MHK 53	
	f (rest) < 2	
	Leverancier Aquaflow B.V.	
	Sortering 8-32+	
	Hardheid: Los Angeles-waarde:< LA20	
	Hoek van inwendige wrijving: minimaal 55° (bij zware belastingen Mr @ > 1000 kPa: minimaal 60°)	
	Stijfheid: minimaal 600 MPa	
	Op een kunststofinlage, aangebracht volgens bestekspostnr. <u>100031</u>	
9	De wegfundering grondig verdichten m.b.v. een zware trilwals of trilplaat, in overleg met de directie en volgens eisen deel 3 par. 80 01 03	
	De verhardingslaag met een statische wals naverdichten	

Aquaflow RAW voorbeeldbestek met functionele omschrijving

4. Zekerstellen van spanningsloos water

Waterspanning wordt wel geassocieerd met “drijfzand”. Daarbij raakt onder invloed van spanningswater een vaste massa instabiel. Klassieke wegen hebben daarom bij voorkeur een drooglegging van 80 cm.

In het Aquaflow® systeem is waterspanning onmogelijk gemaakt, doordat fijne delen afwezig zijn. Water kan vrij bewegen in de 40% open ruimte in het “Aquaflow® systeem. Bij volledig vlakke toepassing stroomt het water ongeveer 100 meter/uur horizontaal door de fundering. Waterspanning is uitgesloten.

Aquaflow voorbeeldbestek en tekeningen

Om het u makkelijk te maken zijn relevante functionele eisen voor de waterbergende weg omschreven in het Aquaflow voorbeeldbestek (raw en stabu) met bijbehorende dwg tekeningen. Bestek en tekeningen zijn digitaal voor uw beschikbaar via e-mail of website.