

Notitie

Contactpersoon Jobert Averagesch

Datum 16 februari 2011

Kenmerk N004-4742495AVC-evp-V01-NL

Watertoets Poldersekade te Vuren

1.1 Inleiding

De watertoets

De watertoets is een instrument dat ruimtelijke plannen toetst op de mate waarin zij rekening houden met de effecten op de waterhuishouding. Het is het proces van vroegtijdig informeren, adviseren, afwegen en uiteindelijk beoordelen van waterhuishoudkundige aspecten in ruimtelijke plannen en besluiten. Deze notitie is het resultaat van het watertoetsproces. In deze notitie wordt aangegeven welke rol water vervult bij de voorgenomen bestemmingsplanwijziging voor de Poldersekade te Vuren.

De locatie

De planlocatie ligt aan de westzijde van de bebouwde kom van Vuren (gemeente Lingewaal), op de noordoever van de rivier de Waal. De planlocatie wordt aan de westzijde begrensd door de Poldersekade, aan de noordzijde door de Meent, aan de zuidzijde door de Mildijk en aan de oostzijde door de Mildijk en perceelsgrenzen.

Het plangebied ligt deels in de buitenbeschermingszone van de primaire waterkering, waardoor diepe ontgravingen niet zijn toegestaan in verband met de stabiliteit van de waterkering. De locatie heeft een oppervlak van ongeveer 11.700 m²¹. In het verleden was ongeveer 2/3 in gebruik als woningbouw en 1/3 als drukkerij. Vooruitlopend op de ontwikkeling is de bebouwing in 2009 gesloopt ten behoeve van de realisatie van in totaal 40 woningen² op de planlocatie. Momenteel is het plangebied braakliggend grasveld.

1.2 Huidige situatie

Maaiveldhoogte

De planlocatie ligt op de overgang van een stroomrug naar komgronden. Het westelijk deel ligt op de stroomrug van de Waal, met een hoogte van ongeveer 1,0 tot 1,3 m +NAP. Naar het oosten toe holt het gebied af naar de komgronden, naar ongeveer 0,75 m +NAP in het zuidoosten.

¹ Grondgebruikstekening, Bureau voor Stedebouw (d.d. 15 september 2010)

² Stedebouwkundigplan, Bureau voor Stedebouw (d.d. 15 september 2010)

Bodemkwantiteit

De bovenste 10 meter van de bodem op de planlocatie bestaat uit Holocene rivierafzettingen. Tijdens het Holocene hebben verschillende rivieren door en nabij de planlocatie gestroomd en hun sediment achtergelaten. De sedimenten die aan het oppervlak gevonden worden zijn afkomstig van de Waal. In het westelijk deel van de locatie is dit de zware zavel en lichte klei van de oeverwal van de Waal. Daarmee maakt dit deel van de locatie deel uit van de stroomrug van de Waal. Het oostelijk deel bestaat uit zware klei van de komgronden van de Waal. De diepere ondergrond bestaat uit afzettingen van voor het Holocene. In onderstaande tabel is de regionale bodemopbouw weergegeven, zoals afgeleid uit de Grondwaterkaart van Nederland [Dienst grondwaterverkenningen TNO, 1976].

Tabel 1.1 Regionale bodemopbouw

Diepte (m -mv)	Samenstelling	Formatie	Geohydrologische eenheid
0-10	Klei, zavel, zand	Holocene afzettingen	Slecht doorlatende deklaag
10-60	Zand, grof zand, grind	Formatie van Kreftenheye / Formatie van Urk / Formatie van Sterksel	Eerste watervoerende pakket
60-90	Fijn zand en klei	Formatie van Kedichem / Formatie van Tegelen	Scheidende laag
90-130	Grof zand	Formatie van Tegelen	Tweede watervoerende pakket
>130	Wisselende samenstelling	Formatie van Maassluis / Pliocene en Miocene afzettingen	Diepere doorlatende, slecht doorlatende en ondoorlatende lagen

De bodem in het westen van de planlocatie is volgens de bodemkaart van Nederland [Stichting voor Bodemkartering, 1981] een kalkhoudende poldervaaggrond, ontstaan in zware zavel en lichte klei. Dit bodemtype wordt aangetroffen op de relatief hoge stroomruggen van de rivieren Waal, Lek, Linge en Hollandsche IJssel. Het bodemtype van het oostelijk deel van de planlocatie is een kalkhoudende poldervaaggrond, ontstaan in de zware klei van de komgronden van de rivier.

Uit lokale boringen blijkt dat de bodem voornamelijk is opgebouwd uit klei- en veenhoudende lagen. Vanaf maaiveld wordt een humushoudende toplaag aangetroffen, die in dikte varieert van 0,3 tot 0,4 m. Daaronder komen tot een diepte, variërend van 1,7 tot 2,1 m -mv kleilagen voor. Daaronder is een afwisseling van klei- en veenlagen aanwezig. Uit sonderingen blijkt dat tussen 3 en 5 m -NAP een tussenzandlaag aanwezig is; in hoeverre deze in contact staat met dieper gelegen zandlagen is niet bekend.

Bodemkwaliteit

Op de planlocatie is een drukkerij gevestigd. In het pand van de drukkerij zat voorheen een staalconstructiebedrijf. Ten noorden van dit pand is in 1995 een ernstige vervuiling met zware metalen geconstateerd. De vervuiling beperkt zich tot de bovenste 30 centimeter. Tijdens een onderzoek in 2006 is de verspreiding van deze verontreiniging verder vastgesteld. Tevens is in 2006 op dezelfde locatie een verontreiniging met PAK's geconstateerd. De verontreiniging beperkt zich tot de bovenste 50 centimeter. Het totale volume met PAK en zware metalen verontreinigde grond is geraamd op 240 m³, waarvan 90 m³ sterk verontreinigd is. Naast deze verontreiniging zijn in 2006 rondom en onder het pand op verschillende locaties lichte verontreinigingen met metalen, minerale olie en PAK's waargenomen. In onderzoeken naar andere delen van het plangebied zijn geen verontreinigingen geconstateerd. Op moment van schrijven is het plangebied inmiddels gesaneerd.

Grondwater

Ter plaatse van de planlocatie worden op de bodemkaart van Nederland [Stichting voor Bodemkartering, 1981] grondwatertrappen IV en VI aangegeven. In onderstaande tabel is de relatie weergegeven tussen de grondwatertrappen en de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG).

Tabel 1.2 Grondwatertrap

Grondwatertrap	IV	VI
GHG (cm -mv)	>40	40-80
GLG (cm -mv)	80-120	>120

Bij het DINOloket van TNO zijn peilbuisgegevens opgevraagd. In de nabije omgeving van de planlocatie staan geen peilbuizen waarvan recente gegevens bekend zijn.

Uit de Grondwaterkaart van Nederland [Dienst grondwaterverkenningen TNO, 1976] blijkt dat de regionale grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket noordelijk gericht is. Het water uit de Waal voedt het grondwater. Verder landinwaarts is de grondwaterstroming westelijk gericht. De stijghoogte in het eerste watervoerend pakket is 1,0 m +NAP (TNO, 28-04-1995). De stijghoogte ligt hiermee rond het niveau van het maaiveld en heeft kwel tot gevolg. Dit komt overeen met de Wateratlas van de provincie Gelderland. Deze geeft aan dat er op de planlocatie sprake is van matige tot sterke kwel.

In de nabije omgeving van de locatie is geen grondwaterverontreiniging bekend. Ook is er in de buurt geen belangrijke grondwateronttrekking, die invloed kan hebben op de locatie.

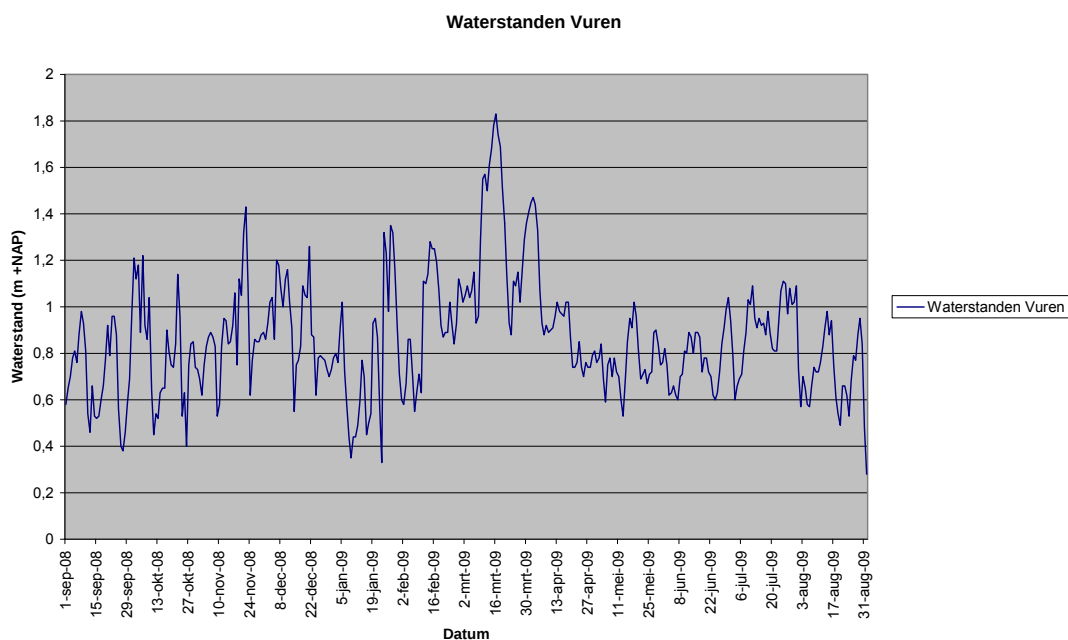
Oppervlaktewater

Vuren is gelegen aan de Waal. De planlocatie bevindt zich ongeveer 700 meter ten noorden van de Waal. De afstand tot aan de waterkering bedraagt 100 (zuidzijde) tot 300 m (noordzijde). Het plangebied ligt in een kwelgevoelig gebied. Via waterbase³ van Rijkswaterstaat, de database met meetgegevens van Rijkswaterstaat, zijn waterstandgegevens van de Waal opgevraagd van meetpunt Vuren. Dit meetpunt ligt ongeveer 1,5 kilometer westelijk van de planlocatie.

Tabel 1.3 Meetpunt Waterbase

Meetpunt	X-coördinaat	Y-coördinaat
Vuren	129.440	426.010

In onderstaande grafiek staan de waterstanden van de Waal bij Vuren voor de periode 2008 - 2009. Uit deze grafiek is een duidelijke seizoensdynamiek af te lezen.



Figuur 1.1 Waterstanden Waal bij Vuren

³ www.waterbase.nl, Rijkswaterstaat (bezocht d.d. 1 november 2010)

Voor het peilvak waar de planlocatie deel van uitmaakt houdt het waterschap een zomerpeil aan van 0,30 m -NAP en een winterpeil van 0,50 m -NAP. In de planlocatie zelf is in de huidige situatie geen oppervlaktewater aanwezig. In de directe omgeving ligt wel water, namelijk aan de westzijde van de Poldersekade en nabij de Enk. Deze watergangen zijn door middel van een lange duiker parallel aan de zuidzijde van de Mildijk (aan de zuidzijde van het plangebied) met elkaar verbonden.

Riolering

In de Poldersekade en de Mildijk ligt een bestaand vuilwaterriool.

1.3 Toekomstige situatie

Het voornemen is om op de locatie rijtjeswoningen te bouwen voor verschillende doelgroepen. In totaal zullen er 40 grondgebonden woningen worden gerealiseerd. 25 van deze woningen zijn eensgezinswoningen voor zowel huur als koop. De overige 15 woningen bestaat uit woningen die geschikt zijn voor ouderen, ook deze woningen zullen zowel huur als koop worden aangeboden. De eensgezinswoningen zijn aan de randen gelegen en de bebouwing voor de doelgroep senioren is in de luwte, aan de wadi, gelegen. In tabel 1.4 is een overzicht gegeven van de verharding die aanwezig was voor de sloop en van de toekomstige verharde oppervlakken in het plangebied. Daarbij is uitgegaan van een gemiddelde bebouwings- en verhardingsgraad van de kavels van 70%. Gezien het verkavelingsplan zullen er een aantal woningen zijn waarbij dit percentage hoger ligt, maar ook zullen er zijn waarbij dit lager ligt.

Tabel 1.4 Overzicht bestaand en toekomstig verhard oppervlak⁴

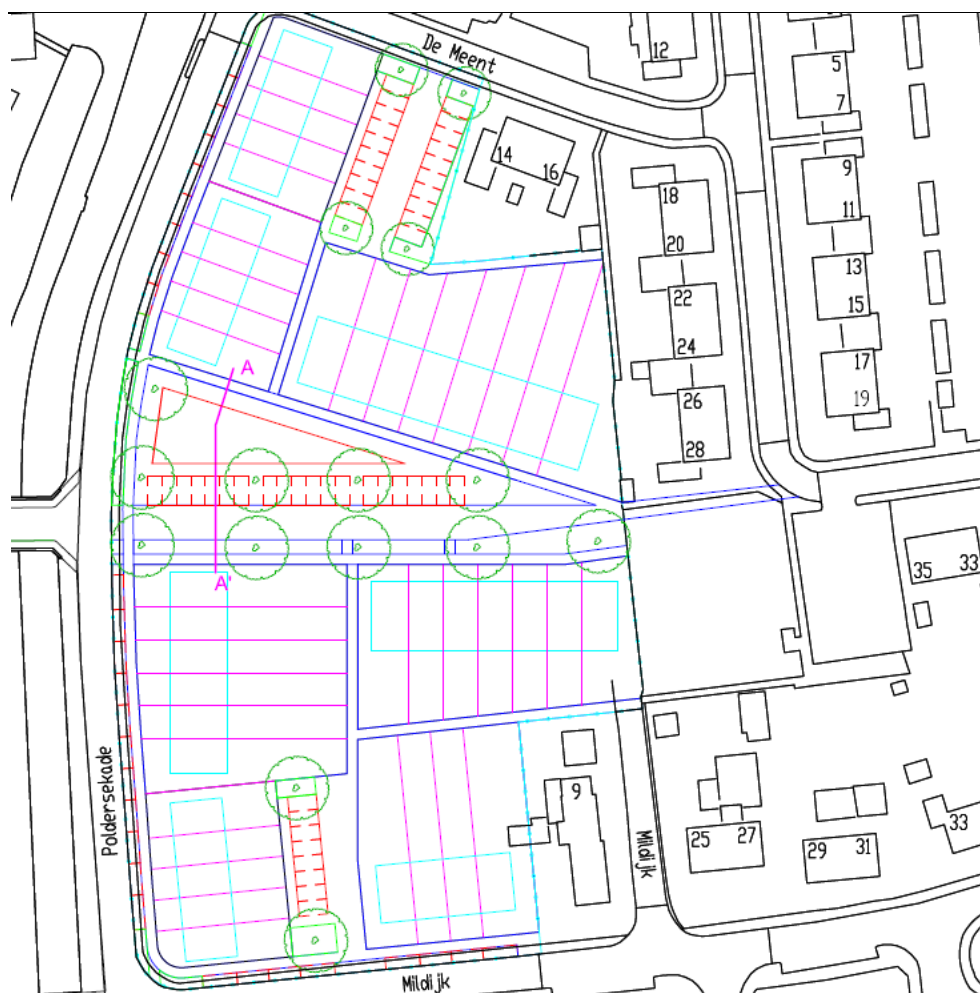
Type oppervlak	Huidig	Toekomstig
Kavels (70%)	2.500 m ²	5.250 m ²
Verharding	1.700 m ²	2.850 m ²
<i>Totaal</i>	<i>4.200 m²</i>	<i>8.100 m²</i>

De ontwikkeling van het plangebied zorgt voor een toename van verhard oppervlak van circa 3.900 m².

⁴ Voorstel ontwerp, gemeente Lingewaal (d.d. 29 december 2010)

In het plangebied wordt een wadi aangelegd voor de berging van hemelwater. Zie figuur 1.2. Hiervoor is gekozen omdat een wadi in deze situatie een aantal voordelen heeft, namelijk:

- Geen diep uitgegraven open water waardoor risico's als op opbarsting, kwel en grote drooglegging worden uitgesloten
- Door droogvallen is de wadi goed te onderhouden
- Een wadi kan de volledige waterberging opvangen
- Hoge belevingswaarde
- Dubbel ruimtegebruik voor zowel groen als waterberging



Figuur 1.2 Stedenbouwkundig plan met inpassing van een wadi

1.4 Waterbeleid

Waterschap Rivierenland heeft als vuistregel dat bij waterberging in een wadi, bij plannen tot 5 ha, voor de toename van 1 hectare verhard oppervlak 664 m^3 waterberging terug moet komen. Het waterschap hanteert voor haar wadi's een maximale peilstijging van 30 cm. Daarnaast houdt Waterschap Rivierenland een compensatie vrijstelling aan voor de eerste 500 m^2 verhard oppervlak. Concreet betekend dat, dat voor dit plan circa $3.900 \text{ m}^2 - 500 \text{ m}^2 = 3.400 \text{ m}^2$ moet worden gecompenseerd.

Het waterschap heeft de volgende volgorde voor omgaan met water bij toename van verhard oppervlak:

1. Creëren open water in het plangebied
2. Creëren open water buiten het plangebied
3. Technische oplossing

De waterberging in het plangebied wordt gecreëerd door middel van een technische oplossing, namelijk door het aanleggen van een wadi. Randvoorwaarden en uitgangspunten hiervoor zijn:

- Dakoppervlakken mogen rechtstreeks lozen op de voorziening indien niet uitlopende bouwmaterialen worden toegepast ook vuile oppervlakken (wegverhardingen en dergelijke) mogen rechtstreeks lozen op de voorziening.
- Ledigingstijd van 2 dagen
- Benodigde berging van $T=100 + 10\%$ zomer tot aan de slokop + 10 cm
- Waterstand van 0,30 m (kan in overleg van worden afgeweken, denk hierbij echter een veiligheid)
- Maatgevende afvoer van 1,5 l/s.ha
- De wadi krijgt een B-status volgens de legger van het waterschap Rivierenland

De gemeente Lingewaal wordt de toekomstige beheerder van de wadi. Uitgegaan is van een talud van 1:2 en een peilstijging van 0,64 m. De wadi heeft in de tekening een bodemoppervlak van 290 m^2 , het oppervlak op de insteek is 480 m^2 . Met deze uitgangspunten is de berekening uitgevoerd.

1.5 Toekomstige waterhuishouding

De watertoets heeft betrekking op alle wateraspecten. Onderstaande tabel met wateraspecten is gebaseerd op de 'Handreiking Watertoets 3⁵'. In deze tabel is aangegeven of deze wateraspecten relevant zijn voor de planlocatie.

⁵ Handreiking Watertoetsproces 3, Helpdesk Water (d.d. november 2009)

Tabel 1.5 Wateraspecten

Wateraspect	Relevant	Niet relevant
Veiligheid	x	
Wateroverlast	x	
Riolering	x	
Hemelwater	x	
Watervoorziening		x
Volksgezondheid		x
Bodemdaling		x
Grondwateroverlast	x	
Oppervlaktewaterkwaliteit		X
Grondwaterkwaliteit		x
Verdroging		x
Natte natuur		x

1.5.1 Riolering

De nieuw te bouwen huizen worden (deels) via een nieuw aan te leggen vuilwaterriool aangesloten op het bestaande vuilwaterriool. De gemeente verwacht geen problemen met de capaciteit van het rioolstelsel. Hemelwater wordt afgekoppeld richting de wadi.

1.5.2 Berging in wadi

Door de aanleg van een wadi in het plangebied wordt voldoende waterberging gecreëerd. De wadi zal worden voorzien van een slokop die kan overstorten in het omringende watersysteem aan de westzijde van de Poldersekade. Hemelwater stroomt oppervlakkig af of wordt via hemelwaterriolering afgevoerd richting de wadi.

Met de uitvoering van de nieuwbouwplannen zal de verharding toenemen met circa 3.400 m². Hiervoor moet, uitgaande van 664 m³ waterberging per ha toenemend verhard oppervlak 226 m³ waterberging worden gerealiseerd.

Bij een peilstijging van circa 0,64 cm, een bodemoppervlak van 290m² en een talud van 1:2 is in de wadi circa 227 m³ berging aanwezig.

De wadi moet aan de onderzijde worden voorzien van drainage om de ledigingstijd van twee dagen van de wadi te kunnen waarborgen. Aangezien het een bergingswadi wordt die droogvalt, is het wel belangrijk dat de drain boven de GHG komt te liggen en er geen kwel- of grondwater door wordt afgevoerd, de afvoer van het aangesloten verhard oppervlak mag maximaal 1,5 l/s/ha zijn.

Het plangebied heeft een totaal oppervlak van 1,1 ha. Met een landelijk afvoernorm van 1,5 l/s/ha mag circa 1,65 l/s worden afgevoerd. Dat betekent dat in 2 dagen circa 285 m³ mag worden afgevoerd. Dit is ruim voldoende om de wadi met een inhoud van circa 227 m³ binnen twee dagen te legen.

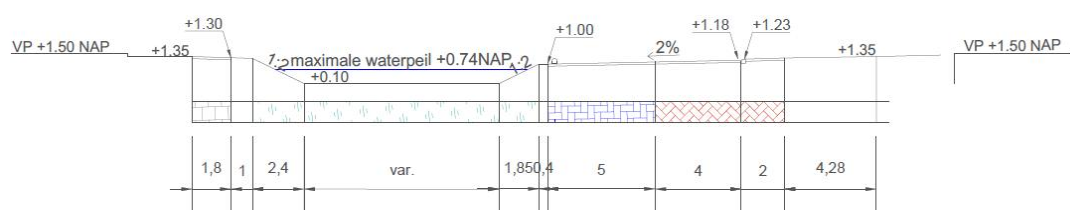
Dimensionering wadi

De gereserveerde ruimte van 290 m² is, bij een peilstijging van 0,30 m onvoldoende. Bij een maximale peilstijging van 0,64 m en bij een bodemoppervlak van 290 m² is in de wadi voldoende berging aanwezig.

Het beleid van waterschap Rivierenland schrijft een talud voor van 1:2 of flauwer en minimaal aan één zijde een natuurvriendelijke oever met een talud van 1:3 of flauwer. Vanuit oogpunt van kindvriendelijkheid en veiligheid heeft dit ook de voorkeur. Echter de afweging waarvoor wordt gekozen ligt bij de gemeente Lingewaal. De gemeente neemt de wadi in haar beheer. Voor de bodemhoogte van de wadi is uitgegaan van +0,10 m NAP.

Profiel wadi

Met de uitgangspunten en randvoorwaarden in het achterhoofd, is het profiel opgesteld dat is weergegeven in figuur 1.3. Dit is het profiel gekeken van noord naar zuid. Het profiel heeft een variabele bodembreedte in verband met de dimensies van de wadi. De breedte op de insteek varieert tussen 0 m aan de oostkant en 17 meter aan de westkant. Bij een maximale peilstijging van + 0,64 m en een bodemhoogte van +0,10 mNAP komt het maximale waterpeil op +0,74 mNAP.



Figuur 1.3 schematisch profiel wadi

In het profiel is uitgegaan van taludhellingen van 1:2. In het 'Voorstel ontwerp 2010-12-29_rev1' van de gemeente Lingewaal is (op maaiveld) 480 m² gereserveerd voor de wadi.

Aanwezige berging

In de wadi is met bovenstaand profiel en peilstijging circa 227 m³ berging aanwezig. Hiermee wordt voldaan aan de gestelde eis van het waterschap om 226 m³ waterberging aan te leggen.

1.5.3 Grondwater

In het gebied is sprake van kwel. De verandering in kwelaanvoer is berekend met de formule van Mazure. Het aanleggen van de wadi zorgt voor een lichte toename van de kwel ten opzichte van de huidige situatie. Deze toename bedraagt circa 0,5 mm/dag, dit staat voor een kweltoename van circa 0,3 m³ per dag ter hoogte van de wadi met de genoemde afmetingen. De uitgangspunten en uitkomsten van de kwelberekening zijn opgenomen in bijlage 1.

Een kweltoename dient eveneens in het watersysteem gecompenseerd en geborgen te kunnen worden. Het effect van de berekende kweltoename zal echter gering zijn, zeker als de wadi een bodemhoogte krijgt 0,1 m+NAP. Het waterschap kan de geringe kweltoename accepteren zonder extra compensatie.

Door de diepte van de wadi en de relatief hoge kweldruk in het gebied bestaat er een risico voor het opbarsten van de bodem van de wadi. Het risico van opbarsten wordt bepaald door de diepte onder de wadi waarop een watervoerende laag voorkomt en het waterleverende vermogen van deze watervoerende laag.

Uit de lokale boringen blijkt dat in de deklaag tussen 4,3 en 6,3 m -mv (NAP -3 tot -5 m) een tussenzandlaag aanwezig is. Indien deze laag een regionale verbreiding heeft en in contact staat met het onderliggende watervoerend pakket, kan de waterdruk in de tussenzandlaag er toe leiden dat de bodem van de wadi opbarst.

Indien de tussenzandlaag alleen lokaal voorkomt, en dus niet in contact staat met het watervoerend pakket, vormt deze laag geen gevaar voor opbarsten. In dat geval is de totale dikte van de deklaag (circa 10 m) maatgevend, en biedt het gewicht van de deklaag onder de wadi voldoende bescherming tegen opbarsten.

Van de watergang aan de westzijde zijn geen problemen bekend als het gaat om opbarsting. Gezien de ligging van de watergang ten opzichte van de wadi en de bodemhoogte van 0,10 m+NAP, is het aannemelijk dat opbarsting niet zal optreden en problemen zal veroorzaken.

1.5.4 Toekomstige maaiveldhoogten

Binnen het plangebied moeten bewoners veilig kunnen wonen. Dit houdt in dat voldoende rekening moet worden gehouden met peilstijgingen in oppervlaktewater en voldoende ontwatering ten opzichte van grondwaterstanden.

Bij een bui $T=10 +10 \%$ moet minimaal 0,7 m verschil zitten tussen het zomerpeil en het straatpeil (drooglegging). Bij woningen is dit 1,0 m ten opzichte van bouwpeil. Daarnaast is ook het verschil tussen de grondwaterstand en het straat- en bouwpeil van belang (ontwatering). In het plangebied is de ontwatering maatgevend.

Op de planlocatie is sprake van matige kwel, die kan zorgen voor overlast. Om dit te voorkomen moet het maaiveld minimaal op dezelfde hoogte blijven als nu het geval is. De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) is vrij hoog, met een maximum van 40 cm -mv, waardoor er grondwateroverlast kan optreden. Bij de gesloopte bebouwing waren de kruipruimtes droog. De GHG is bepaald op gemiddeld 0,5 m +NAP in het westelijk deel en 0,7 m in het oostelijk deel. Gemiddeld ligt de GHG dus op 0,6 m +NAP. Het wegpeil moet 0,7 m hoger liggen dan de GHG en het bouwpeil 1,0 m hoger. Dit betekent dat het wegpeil minimaal op 1,3 m +NAP komt te liggen. Hierbij wordt aangesloten bij het wegpeil van de Poldersekade. Voor het bouwpeil is NAP +1,50 m aangehouden. Daarbij worden in het westelijk deel geen kruipruimten toegepast. Bij het hanteren van deze peilen wordt voorkomen dat bewoners in de toekomst schade ondervinden door wateroverlast.

1.6 Proces

Op 8 december 2010 is er overleg geweest tussen de opdrachtgever (Bloei) en tussen de gemeente. Hierin heeft de gemeente haar visie gegeven over de invulling van de wateropgave voor het plangebied.

De gemeente heeft contact gehad met het waterschap over de invulling van de wateropgave voor het plangebied en heeft afgesproken dat, indien onvoldoende ruimte te vinden is, dit elders wordt gerealiseerd.

Op 21 december 2010 is er telefonisch overleg geweest met de gemeente aangaande de invulling van de wateropgave voor het plangebied.

Op 3 december 2010 is er telefonische overleg geweest met waterschap Rivierenland aangaande de invulling van de wateropgave voor het plangebied.

Op 31 januari 2011 heeft waterschap Rivierenland haar reactie gegeven op het concept. De gemeente heeft op het concept gereageerd op 9 februari 2011. De reacties en opmerkingen van de betrokken partijen zijn verwerkt in deze notitie.

Bijlage 1

Kwelberekening volgens Mazure

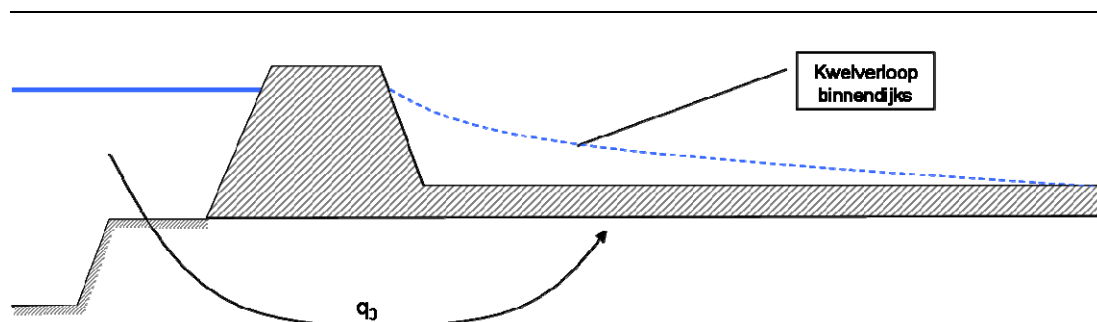
Kwelberekening Polderskade te Vuren

Inleiding

Het plangebied Polderskade in Vuren ligt nabij de Waal. Hoge rivierstanden kunnen in een bepaalde mate voor kwel zorgen in het binnendijks gelegen gebied. De aanleg van een wadi in het plangebied kan voor het aantrekken van extra kwel zorgen doordat de deklaag gedeeltelijk wordt afgegraven. In het kader van de watertoets heeft waterschap Rivierenland verzocht om de mogelijke toename van kwel in beeld te brengen. In de voorliggende notitie wordt hier op ingegaan.

Uitgangspunten

De berekening van de (toename van) kwel is uitgevoerd met behulp van de formule van Mazure voor stroming onder een dijk door. In de onderstaande figuur is deze situatie schematisch weergegeven.



Figuur b1.1 Stroming onder een dijk door

De formule van Mazure voor de stroming (q_0) onder de dijk door is als volgt:

$$q_0 = k * \Delta h * \frac{D/B}{1 + (\lambda_{\text{buitendijks}} + \lambda_{\text{binnendijks}}) / B}$$

met:

- k = Doorlatendheid watervoerend pakket (m/dag)
- Δh = Verschil tussen hoge rivierwaterstand en polderpeil (m)
- D = Dikte watervoerend pakket (m)
- B = Breedte van de dijk (m)
- λ = $\lambda = \sqrt{kDc}$ met c-waarde voor de weerstand van de deklaag/sliblaag

Ter bepaling van de stroming onder de dijk door zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor de doorlatendheid van het watervoerend pakket is 30 m/dag aangehouden, de dikte van het watervoerend pakket is circa 50 m
- Het polderpeil (winterpeil) bedraagt 0,5 m-NAP
- Bij een hoge rivierwaterstand (T=10 situatie) treedt ter hoogte van Vuren een peil op van circa 4,75 m+NAP (geïnterpoleerd tussen waterstand Vuren en waterstand Herwijnen)
- De breedte van de dijk is circa 50 m
- Aangenomen wordt dat bij een hoge rivierwaterstand het water tegen de dijk aan staat
- De buitendijks gelegen plas ten zuidwesten van Vuren is vermoedelijk een voormalige zandwinplas. In de huidige situatie wordt deze niet meer als zodanig gebruikt. Er bestaat (bij hoog water) een open verbinding met de Waal. Verwacht wordt dat er op de bodem van de plas een sliblaag is afgezet
- Voor de bepaling van de weerstand van de deklaag wordt aangehouden dat per meter deklaag de weerstand 100 dagen bedraagt

Ter bepaling van de λ buitendijks is uitgegaan van een weerstand (c-waarde) van 200 dagen voor de sliblaag (in de plas en de uiterwaarden) buitendijks⁶, voor de situatie binnendijks is uitgegaan van de zandbanenkaart en lokale boringen. Vanaf de dijk richting het plangebied wordt over een afstand van circa 30 m klei aangetroffen tot circa 8 m -mv. Vervolgens wordt een zandbaan aangetroffen met een breedte van circa 90 m. In deze zandbaan wordt doorlatend materiaal aangetroffen vanaf 3 tot 6 m -mv. Daarna wordt weer klei tot circa 8 m -mv aangetroffen. Er zit enige variatie in de bodemopbouw. In en nabij het plangebied wordt namelijk ook op 4 m -mv zand aangetroffen. Of dit een dun zandlaagje betreft of dat de laag in verbinding staat met het watervoerende pakket is niet bekend. In onderstaand overzicht welke aannames zijn gedaan voor de verdeling van de weerstand binnendijks.

Tabel b1.1 Weerstand (c-waarde) binnendijks

Afstand vanaf de dijk (m)	c-waarde (dagen)
0 - 30	800
30 - 120	300 tot 600
120 - 150	800
150 - 250	400 tot 800
> 250	800

⁶ De aangehouden weerstand geldt voor de sliblaag in de plas en de deklaag in de uiterwaarden. De verwachting op basis van expert judgement is dat de deklaag in de uiterwaarden minimaal 2 m dik is. Ook een sliblaag van minimaal 2 m in een zandwinplas die niet meer als zodanig gebruikt wordt, is zeer reëel. Bij hoge waterstanden komt de plas in contact met de rivier en wordt slibrijk water aangevoerd wat vervolgens in de plas bezinkt

De λ_{binnen} wordt gebruikt ter bepaling van de kwel onder de dijk door. Deze waarde is met behulp van bovengenoemde weerstanden afgeleid volgens een exponentiële wegingcorrectie.

Na vaststelling van de stroming onder de dijk door, kan de kwel op enige afstand binnendijks bepaald worden. Hiervoor wordt de volgende formule toegepast:

$$q(x) = \frac{q_0}{\lambda_{\text{binnen}}} * \exp^{-x/\lambda_{\text{binnen}}}$$

Ten aanzien van de aan te leggen wadi worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De wadi bevindt zich op circa 200 m vanaf de dijk
- De wadi is droogvallend en heeft een bodemhoogte van +0,10mNAP
- De wadi is circa 60 m lang en heeft een insteekbreedte van op het breedste punt maximaal 20 m, gemiddelde breedte is circa 10 m

Vanaf de dijk zal het effect van de kwel als gevolg van hoge rivierwaterstanden steeds kleiner worden. Bij een homogene bodemopbouw geldt dat op een afstand λ_{binnen} vanaf de dijk reeds 60 % van het effect is opgetreden. In de daarop volgende twee maal λ_{binnen} treedt de rest van het effect op. Op een afstand van drie maal λ_{binnen} is het effect dus uitgewerkt.

Berekeningsresultaat

Als eerste is de kwel onder de dijk door bepaald. Door een variatie in de λ_{binnen} voor het binnendijkse gebied is er een variatie in kwel te berekenen. Deze varieert globaal tussen 5,0 en 6,0 m/dag per meter dijk. De aan te leggen wadi bevindt zich op een afstand van circa 200 m vanaf de dijk. Op deze afstand bedraagt de kwel in de huidige situatie ter hoogte van de toekomstige wadi globaal 4,0 tot 6,0 mm/dag.

Als gevolg van de aanleg van de wadi wordt de dikte van de deklaag lokaal terug gebracht met circa 1,0 m. De resterende dikte van de deklaag is circa 3,0⁷ tot 7,0 m (weerstand 300 tot 700 dagen). Dit kan een toename van de stroming onder de dijk tot gevolg hebben. Door de beperkte breedte van de wadi en het feit dat de deklaag niet geheel doorsneden wordt, neemt de stroming onder de dijk door echter niet noemenswaardig toe (de stroming onder de dijk door, is wel in de berekening meegenomen, maar niet gerapporteerd. De stroming onder de dijk is globaal 5,5 m/dag. Door de aanleg van de wadi neemt de stroming met circa 0,02 m/dag toe).

⁷ Het bepalen van de resterende dikte is gebaseerd op de zandbanenkaart en enkele lokale boringen. Hieruit blijkt dat tot minimaal 4 m diepte weerstandbiedend materiaal (klei en veen) wordt aangetroffen. Verwacht wordt dat dit ook ter plaatse van de toekomstige wadi geldt

Na aanleg van de wadi bedraagt de kwel ter plaatse van de wadi circa 4,0 tot 6,5 mm/dag. Uitgaande van een oppervlak op de insteek van 480 m² bedraagt daarmee in de toekomstige situatie de totale hoeveelheid kwel tijdens een hoogwatersituatie circa 2,0 tot 3,5 m³. De toename van de kwel ten opzichte van de huidige situatie bedraagt circa 0,5 mm/dag, dit staat voor een kweltoename van circa 0,3 m³ ter hoogte van de wadi met het genoemde bodemoppervlak.

Kanttekeningen

Met de getoonde formules kan de stroming onder de dijk door en de kwel binnendijs bepaald worden. Bij een homogeen opgebouwde deklaag neemt de kwel binnendijs volgens een kromme af met een toenemende afstand tot de dijk. Door de aanwezigheid van een verminderde dikte van de deklaag (bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een zandbaan of als gevolg van het aanleggen van een wadi) treedt plaatselijk een toename van kwel op. In werkelijkheid zal landinwaarts de kwel daardoor sterk verminderd zijn. De kwel die namelijk reeds uittreedt, kan verder landinwaarts niet meer optreden. Met behulp van de genoemde formules is de toename van de kwel in beeld te brengen, de afname van kwel landinwaarts van een zandbaan of de 'ingreep' wordt echter niet meegenomen. In de onderstaande figuur is schematisch het verloop van de kwel weergegeven zoals deze daadwerkelijk is en zoals deze berekend wordt.



Figuur b1.2 Schematische weergave van: kwelverloop bij een homogene bodemopbouw (links), berekend kwelverloop bij aanwezigheid van een zandbaan en de wadi(midden), werkelijk kwelverloop bij aanwezigheid van een zandbaan en de wadi (rechts)

Doordat in de berekening de afname van kwel niet wordt meegenomen, is de berekende kwel ter plaatse van de wadi, door aanwezigheid van de zandbaan tussen de locatie en de dijk, een overschatting.