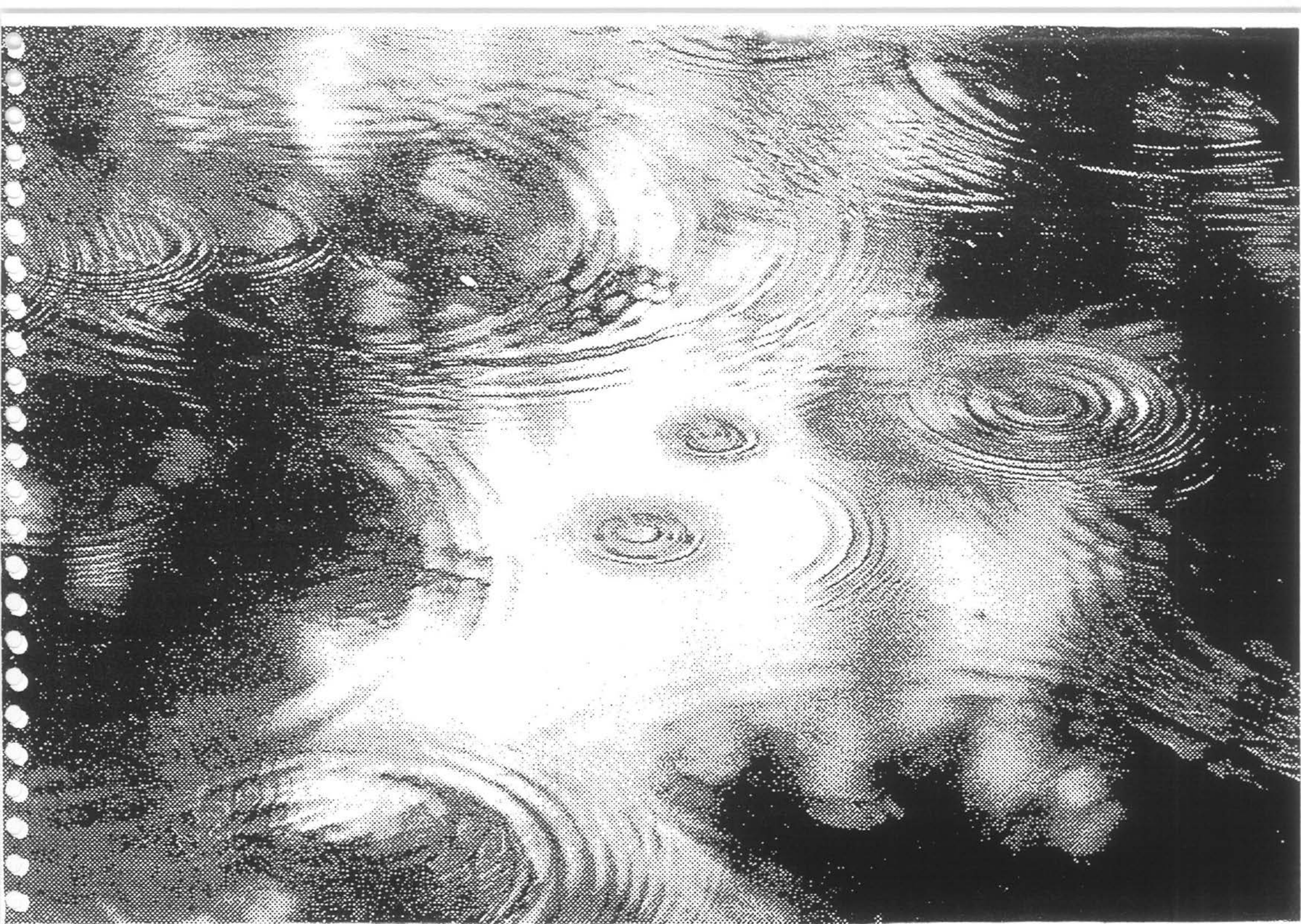


Het regent, het regent....

Ontwerpen en rekenen aan infiltratie en berging van regenwater in Leidsche Rijn





Het regent, het regent....

Ontwerpen en rekenen aan infiltratie en berging van regenwater in Leidsche Rijn

Een studierapport in opdracht van het **gemeenschappelijk projectbureau Leidsche Rijn**

Utrecht, juni 1996

[i]ngenieursbureau Utrecht



H+N+S Landschapsarchitecten

Laan van Chartreuse 168

Postbus 10156, 3505 AC Utrecht

Telefoon (030) 244 57 57

Telefax (030) 244 66 77



Inhoud

1	INLEIDING	5
2	INTRODUCTIE WATERSYSTEEM	7
3	UITGANGSPUNTEN, EISEN AAN DE OMGEVING	9
4	WATERSYSTEEM ALS ONTWERPOPGAVE	11
5	HET WATER OP STADSDEELNIVEAU	17
6	DE STEDEBOUWKUNDIGE ONTWERPOPGAVE OP WIJKNIVEAU	19
7	DE ARCHITECTONISCHE ONTWERPOPGAVE OP INRICHTINGSNIVEAU	25

Inhoud (vervolg)

8	HET DROGE SYSTEEM	27
9	HET DROGE SYSTEEM	27
10	VEGETATIE EN BEHEER	67
	Bijlage	75
	Literatuurlijst	87

I INLEIDING

1.1 Inleiding

Het watersysteem dat voor de uitbreidingslocatie Leidsche Rijn is ontworpen kent een belangrijke functie toe aan het vertragen van de waterstromen. Het huidige watersysteem zoals dat ten behoeve van de landbouw is ingericht wordt radicaal veranderd. Niet langer wordt er in de wintermaanden veel water uitgeslagen en in de zomer veel water ingelaten. Het regenwater wordt zoveel mogelijk vastgehouden in het gebied, zodat een minimale hoeveelheid water ingelaten hoeft te worden.

Twee belangrijke componenten van het nieuwe systeem zijn de infiltratie van regenwater in de bodem, waar het deel kan worden van het grondwater, en de berging van regenwater in het oppervlaktewater.

Afhankelijk van de fysische omstandigheden wordt één van deze twee technieken toegepast. In die delen van het gebied waar de bodemopbouw daarvoor geschikt is (zandige gronden op geringe diepte onder maaiveld) wordt het infiltratiesysteem toegepast, dit zijn de hogergelegen, droge delen.

In de lageregelegen, natte delen wordt regenwater geborgen in het oppervlaktewater. Hier is de bodem onvoldoende doorlatend door de bodemstructuur (klei op veengronden). En er is hier, ook in verband met de bodemstructuur, een bepaalde gegarandeerde drooglegging van woongebieden gewenst.

Beide mogelijkheden worden in stedelijk gebied tot nu toe slechts mondjesmaat toegepast.

Bij het verder concretiseren van de plannen voor Leidsche Rijn ontstond dan ook behoefte aan een nadere uitwerking van beide technieken. Met name is er nieuwsgierigheid naar de wijze waarop deze elementen kunnen bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit van de nieuw te bouwen wijken.

Ook de technische eisen en mogelijkheden zijn nog niet in beeld gebracht. Dit rapport is opgezet als voorbeeldboek waarin de verschillende ruimtelijke en technische aspecten zijn uitgewerkt. Dat resulteert in een set inrichtingsfactoren die de verschillende ontwerpers zicht geeft op de breedte aan mogelijke oplossingen.

De eerste ontwerpkeuze die zich aandient gaat over hoe het watersysteem en de bijbehorende voorzieningen architectonisch opgevat worden. De bandbreedte van opvattingen loopt van het als zelfstandig ruimtelijk fenomeen zichtbaar maken van (een deel van) het stelsel, tot het onzichtbaar invoegen van het stelsel binnen de andere elementen van de openbare ruimte.

Dit voorbeeldenboek is deel van het geheugen van het gedachtengoed van het masterplan Leidsche Rijn, de intenties en ambities worden op een ander schaalniveau vastgelegd, zodat niet iedere ontwerper weer opnieuw het wiel hoeft uit te vinden, en de basale uitgangspunten behouden blijven. Het uiteindelijke resultaat, buiten, in de verschillende stadsdelen, kan dan het karakter hebben van variaties op een thema.

Dit voorbeeldenboek begint met algemene overwegingen over het waterstelsel op stads- en wijkniveau, en de stedenbouwkundige implicaties daarvan, en daalt dan af naar het voorzieningenniveau waar de infiltratievoorzieningen (het droge systeem) en de berging (het natte systeem) behandeld worden. De voorziening wordt uiteengelegd in componenten, verbeeld, en de methode om te komen tot de dimensionering wordt uiteengezet aan de hand van enkele voorbeelden. In het laatste hoofdstuk worden vegetatiekundige aspecten behandeld.

2 INTRODUCTIE WATERSYSTEEM

Het doel van het nieuwe watersysteem is een kwalitatieve en een kwantitatieve verbetering tot stand brengen in de waterhuishouding door:

- minder (Amsterdam-Rijnkanaal) water in te laten, en een gebiedseigen waterkwaliteit tot stand te brengen
- minder water uit te laten via het oppervlaktewater, en een vertraagde afvoer via het grondwater tot stand te brengen

Het voorstel voor het nieuwe watersysteem Leidsche Rijn bestaat uit :

- het zuiveren van aanvoerwater
- de grondwaterstand instellen op een meer natuurlijke situatie, geen vaste grondwater-

stand in de droge gebieden

- het bergen van zoveel mogelijk regenwater door infiltratie in de bodem of buffering in het oppervlaktewater, en hiermee de afvoer van regenwater vertragen
- het vergroten van het zelfreinigend vermogen van het systeem door inbrengen van grote wateroppervlaktes en biologische zuiveringscomponenten
- het systeem tot een geheel maken door middel van het laten circuleren van het water

Het watersysteem is beschreven op hoofdlijnen in het Masterplan Leidsche Rijn, en verder uitgewerkt in de SEV brochure 'Het watersysteem van de Vinex lokatie Leidsche Rijn'.

In dit rapport wordt één van de hierboven beschreven onderdelen van het watersysteem verder uitgewerkt, namelijk het bergen van regenwater door middel van infiltratie in de bodem, en door buffering in het oppervlaktewater.

Deze twee manieren van bergen zijn in Leidsche Rijn ruimtelijk gescheiden, gerelateerd aan de mogelijkheden van de bodem. Het infiltreren wordt voorgesteld in het hogergelegen droge gedeelte, met een meer zavelige bodem. Het bergen in het oppervlaktewater wordt voorgesteld in de lageregelegen natte delen, met een meer venige kleibodem.



onverharde terreinen

- veel verdamping door beplanting
- veel vertraagde afvoer via ondiep grondwater en wegzijging naar grondwater
- weinig oppervlakkige afstroming



'gangbaar' verharde terreinen

- weinig verdamping
- weinig wegzijging naar grondwater
- sterk vergrootte oppervlakkige afstroming



'nieuw' verharde terreinen

- meer verdamping
- meer vertraagde afvoer via ondiep grondwater en wegzijging naar grondwater
- weinig oppervlakkige afstroming

2.1 Hydrologische kenmerken : De waterbalansen van verschillende stedelijke gebieden

3 UITGANGSPUNTEN, EISEN AAN DE OMGEVING

Een watersysteem op deze manier aangelegd, leidt tot een zichtbare aanwezigheid op het maaiveld; traditioneel wordt het regenwater grotendeels onzichtbaar via het rioleringsstelsel ondergronds afgevoerd.

In een traditioneel (gemengd) systeem verdwijnt regenwater van het verhard oppervlak via straatkolken in het riool, wordt getransporteerd naar de rioolzuiveringsinstallatie (rwzi), ondergaat een zuivering, en wordt op het oppervlaktewater geloosd. In het voorgestelde systeem wordt in het hooggelegen deel zoveel mogelijk regenwater in de bodem gebracht, waar het deel wordt van het grondwater; in het laaggelegen deel wordt het via een zuiveringsstap deel van het oppervlaktewater.

In dit nieuwe systeem zijn de bodem, het grondwater en het oppervlaktewater kwetsbaar voor mogelijk verontreinigd (regen)water. Daarom wordt veel aandacht besteed aan de keuze welke verharde oppervlaktes in aanmerking komen voor afkoppeling van het rioolstelsel. Hierbij wordt uitgegaan van afstroming op het maaiveld zodat dit zichtbaar plaatsvindt. De verwachting is dat de bewuste verontreiniging zoals bijvoorbeeld het legen van verfblikken in een putje, zal afnemen. Ook het maken van een foutieve aansluiting (bij het later aanbouwen van een bijkeuken bijvoorbeeld) is dan niet mogelijk.

Verontreiniging kan ook makkelijker geconstateerd en bestreden worden. Uitgangspunt in deze studie is dat wanneer het

regenwater wordt afgevoerd op het maaiveld dit ook ruimtelijk tot expressie kan worden gebracht om de kwaliteit van de buitenruimte te vergroten.

Eisen die gesteld worden aan af te koppelen oppervlakken:

- kwaliteit van het afstromende regenwater; wegen met een grote verkeersintensiteit, grote parkeerplaatsen, marktplaatsen etc. worden niet afgekoppeld en blijven gerioleerd.
- materiaal dat gebruikt wordt in dakbedekking, goten en straatmeubilair; Voor precieze eisen en alternatieven wordt verwezen naar andere publicaties, bijvoorbeeld het handboek duurzaam bouwen van de SEV

- bodemkwaliteit;
door het weer terugbrengen van
grondwaterbeweging is het denkbaar dat
bestaande bodemverontreiniging zich
verder verspreid. Een schone bodem is dus
ook hier wenselijk.

Effect op de omgeving:

In deze nieuwe manier van omgaan met regenwater wordt minder water dan voorheen (in een traditionele berekening) afgevoerd naar de rioolwaterzuivering. Voor Leidsche Rijn wordt een nieuwe rwzi gepland, die bij een consequente uitvoering van het nieuwe systeem kleiner zal kunnen zijn, wat aanzienlijk in aanlegkosten scheelt. Daarnaast is een rwzi beduidend effectiever in het zuiveren van water als het aanbod van water niet onderhevig is aan pieken na een regenbui, waarbij veel schoner water in veel grotere hoeveelheden door de bassins spoelt. Verwacht wordt dat de kwaliteit van het oppervlaktewater beduidend beter wordt dan in een gangbaar stedelijk watersysteem. Daarnaast wordt de regenwaterafvoer vertraagd, waardoor het oppervlaktewaterstelsel in de omgeving minder wordt belast. Het regenwater wordt voor een deel opgenomen in het grondwater, waarbij een bijdrage geleverd wordt aan het tegengaan van de verdroging op grote schaal. Voeding van dat systeem heeft in een veel groter gebied effect dan uitsluitend lokaal.

4 WATERSYSTEEM ALS ONTWERP- OPGAVE

Het kaartbeeld van het Masterplan Leidsche Rijn zoals dat er nu ligt is een vlekkenplan. Het watersysteem daarin is een schema, een abstract lijnenstelsel. Ze verwoorden de basisgedachten, de ambities en de werkwijzen.

De volgende slag is een ontwerpslag, om van die abstracties een plan, een ontwerp te maken.

Het belangrijkste uitgangpunt daarbij is maatwerk, (toegepast op het watersysteem), zowel civiel-technisch als ruimtelijk. Verschillende situaties vragen verschillende oplossingen, afhankelijk van bodemgesteldheid, dichtheid van bebouwing, soort bebouwing en gewenste sfeer. Het samenspel van civiele techniek en landschapsarchitectuur heeft een aantal voorbeelden van voorzieningen

opgeleverd. Wederzijds zijn de onzekerheden verkend. In dit rapport zijn twee categorieën voorbeelden opgenomen; een aantal is helemaal afgekaart, en ook technisch onderbouwd, een aantal voorbeelden lijkt een interessant perspectief te bieden, maar is nog niet geheel doorgerekend en uitgedetailleerd.

Op verschillende abstractieniveau's spelen verschillende keuzes, en ziet de ontwerp-opgave er dus anders uit. In dit rapport zijn drie niveaus onderscheiden waarop die keuzes gemaakt moeten worden, te weten het stedenbouwkundige (structuur)niveau, het architectonische niveau waarop de voorziening zelf wordt vormgegeven, en het beheerniveau.

De eerste ontwerpkeuze die zich aandient gaat over hoe het watersysteem en de bijbehorende voorzieningen opgevat worden. In grote lijnen zijn drie ontwerphoudingen te onderscheiden:

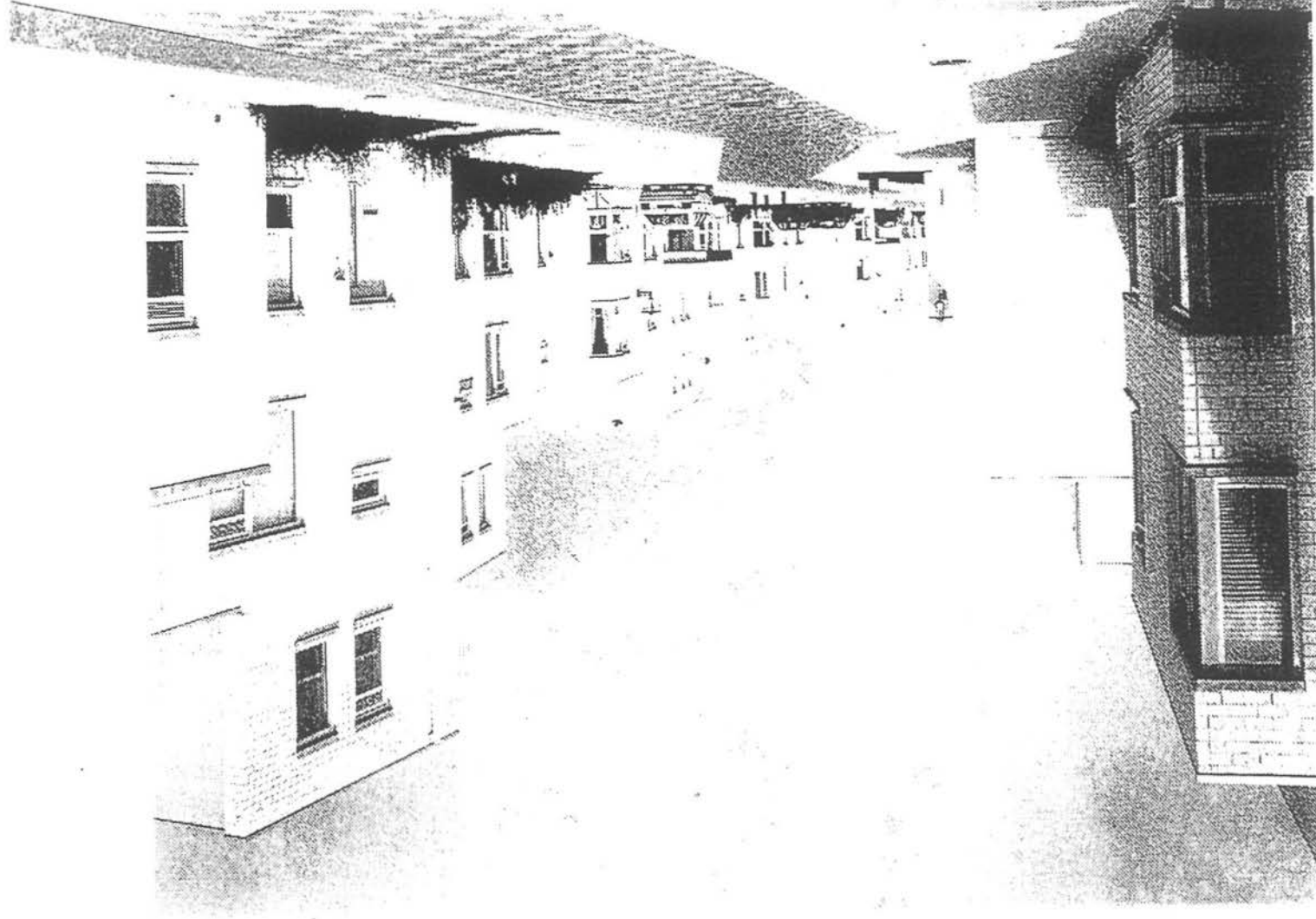
- één stelsel: de regenwaterafvoer is een geheel, van dakvlak, transportstelsel, infiltratievoorziening of berging tot nood-overlaat en openwater. Eenheid in materiaalgebruik en plaats in de openbare ruimte, geeft een extra 'lijn', een duidelijke nieuwe aanwezigheid op het maaiveld. Het water is dan te volgen, de weg van het water is zichtbaar, waardoor de werking van het stelsel goed te begrijpen is.

- een deel verbijzonderen: één of meer componenten van de regenwaterafvoer worden verbijzonderd. De zichtbare componenten lenen zich hiervoor. Het transportstelsel, een heel bijzondere infiltratievoorziening in een plein, nieuw vormgegeven dakgoten en regenpijpen etc. Een verrijking op detailniveau, waarbij het grote geheel niet nadrukkelijk belicht wordt.
- invoegen: de regenwaterafvoer voegt zich in de buitenruimte, neemt de gedaante aan van naastliggende elementen, voegt zich als totaal vanzelfsprekend in het bestaande. Een gewone regenpijp, een gewone goot, een gewoon grasveld. Bij de bespreking van de afzonderlijke componenten zal blijken dat een groot deel van de functies ook ondergronds op te lossen zijn, infiltratie door speciale verharding rechtstreeks in het wegcunet bijvoorbeeld, of infiltratie door een riooldrain.



4.1 Eén stelsel

4.2 Een deel verbijzonderen

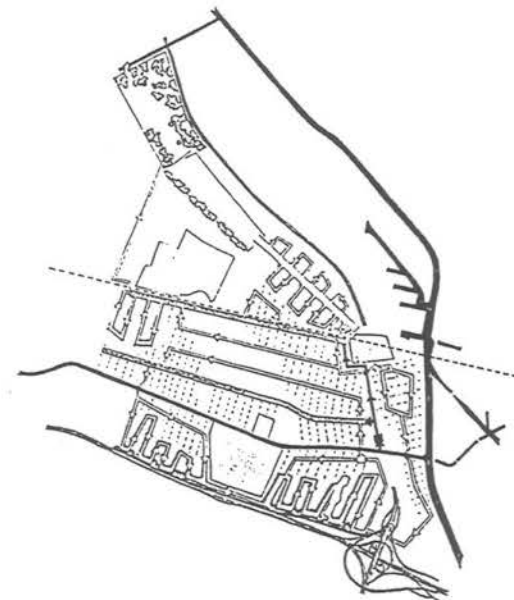




4.3 Invoegen in de buitenruimte



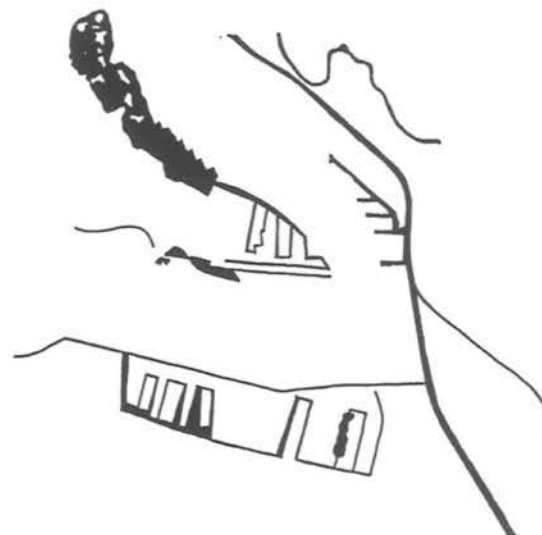
5.1 Plankaart uit het Masterplan Leidsche Rijn



5.2 Componenten van het watersysteem op stadsdeel-niveau

5 HET WATER OP STADSDEELNIVEAU

Het stedenbouwkundige niveau is deels al beschreven in het masterplan. Op het hoogste niveau, stadsdeel-niveau, hebben de verschillende onderdelen van het watersysteem een plek gekregen, de verdeling droog-nat is gemaakt. Daarbij is de keus gemaakt om in het natte deel het water zichtbaar en beleefbaar te maken, en in het droge deel, het droge karakter te benadrukken, door de aanwezigheid van open water te minimaliseren. De hoofdcirculatie van het water ligt vast op stadsdeelniveau, en belangrijke onderdelen hebben een logische plaats daarin: inlaat, zuivering, berging, uitlaat. De grote waterplas met aanliggend zuiveringsmoeras, de rietbanen voor zuivering van het inlaatwater, en de grote waterlopen hebben een plaats op de Masterplankaart.



5.3 Voorgesteld watersysteem op hoofdlijnen

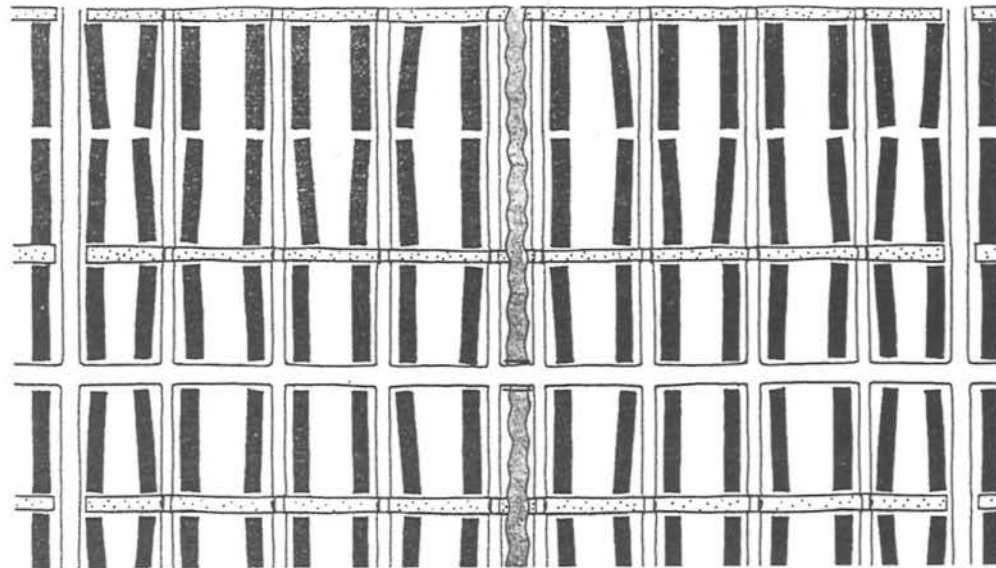
6 DE STEDEBOUWKUNDIGE ONTWERPOPGAVE OP WIJKNIVEAU

Per wijk moet voor de regenwaterafvoer een aantal keuzes gemaakt worden, met name over de organisatie ervan. Op welke manier voegt de regenwaterafvoer zich in de patronen van bebouwing, infrastructuur, groen en openwater? Of sterker: welke organisatie van het maaiveld wordt afgedwongen door het willen toepassen van deze manier van regenwater verwerking.

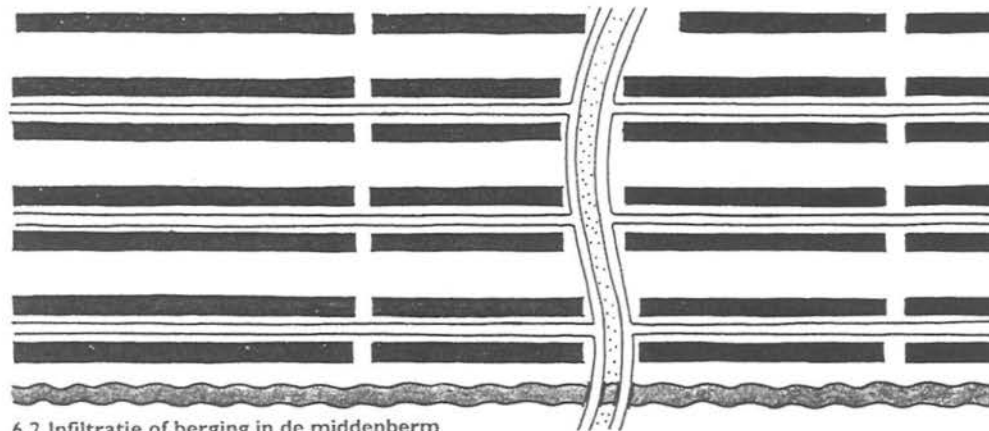
Er zijn verschillende *organisatieprincipes* denkbaar, een aantal wordt hier als voorbeeld getekend, het is nadrukkelijk geen limitatieve opsomming.

De keuzes die gemaakt moeten worden betreffen de mate van concentratie, welk verhard oppervlak wordt met welke voorziening verbonden en over welke afstand zal dit plaatsvinden, wordt er wel of niet

opgehoogd, en op welke manier. Bij ieder van de organisatie principes zijn zoveel mogelijk richtgetallen gegeven uit civiel-technische overwegingen.



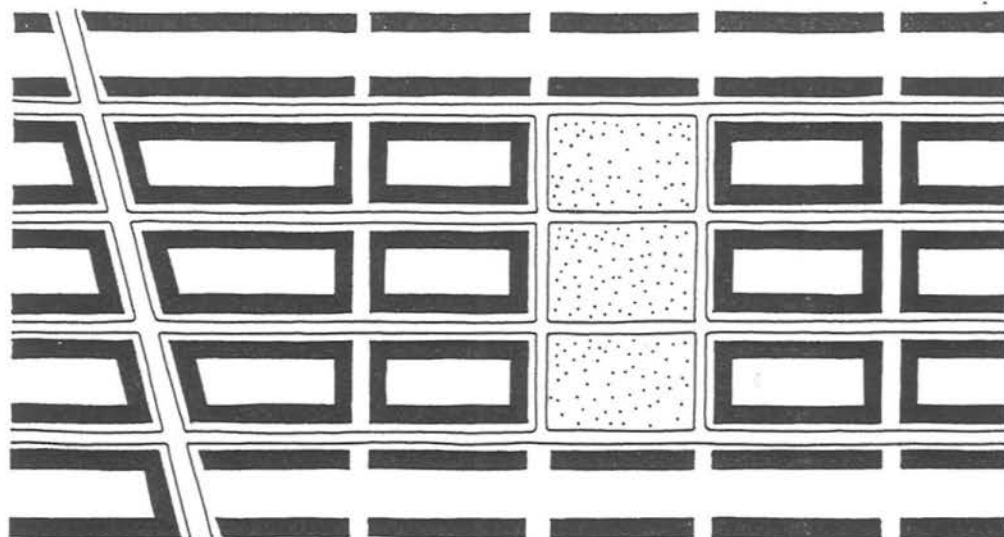
6.1 Infiltratie of berging van regenwater in lange smalle lijnen



6.2 Infiltratie of berging in de middenberm

lijnen:

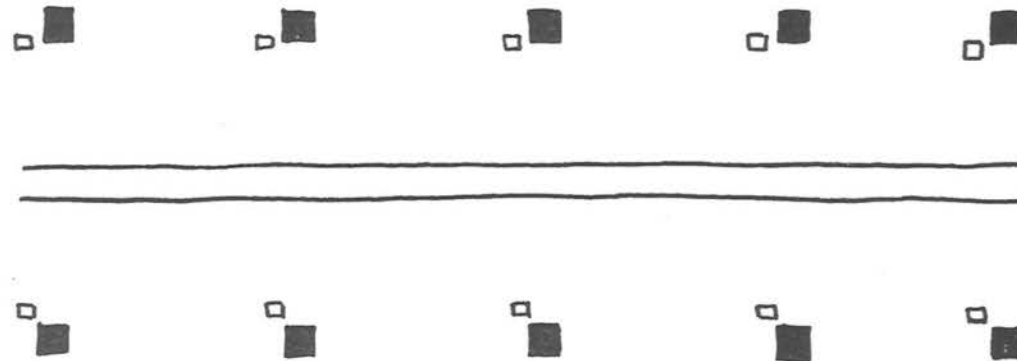
smalle lange stroken waarin ofwel de infiltratie (droog systeem) ofwel de eerste berging en zuivering (nat systeem) geregeld wordt. De lengtes waarover een lijn werkzaam kan zijn hangen af van de mogelijkheden van de drains die gebruikt worden. Ervaring leert dat die maximaal 200 m lang kunnen zijn in verband met onderhoudseisen (doorspuiten). Ook transport van regenwater aan de oppervlakte, in goten bijvoorbeeld, kan maximaal over een afstand van 200 meter, in verband met de dimensionering van die goten. Tevens moet het afschot van de voorziening tenminste 3‰ bij verharding en 6‰ bij onverhard oppervlak bedragen, om werkzaam te zijn. In het natte systeem stroomt het regenwater oppervlakkig, of ondergronds, richting open water, dat dus een maaswijdte van maximaal 400 meter moet krijgen (2 maal 200 meter bij afstroming in beide richtingen). In het droge systeem kan open water als noodoverlaat fungeren, dat dan eveneens een onderlinge afstand van maximaal 400 m zal krijgen. De lijnen zijn op verschillende manieren in te vlechten met de andere functies op maaiveld, zie daarvoor de verschillende schetsen. Met name het kruisen van verschillende lijnen (water, wegen, infiltratievoorziening) behoeft aandacht.



6.3 Vlakvormige infiltratie of berging

vlakken:

grotere niet (of spaarzaam) bebouwde ruimtes in het stedelijk weefsel, waar ondermeer infiltratie of berging en zuivering van regenwater plaatsvindt. De minimum maat van het vlak is afhankelijk van het aangekoppelde verharde oppervlak, de doorlatendheid van de bodem, en van de vraag of bijvoorbeeld de noodoverlaat in het vlak of daarbuiten gerealiseerd wordt. Ook hier vraagt het kruisen van verschillende lijnen, en dan met name van de aanvoer van het regenwater, speciale aandacht.



4.4 Puntvormige infiltratie of berging

punten:

stand-alone voorziening. Toe te passen in situaties waarbij een geïsoleerd verhard oppervlak toch afgekoppeld kan worden, bijvoorbeeld het dak van een grote bedrijfsruimte waaromheen verder alleen intensief gebruikte parkeerterreinen liggen. Deze voorziening is niet doorgeschakeld op andere voorzieningen, en moet dus qua afvoercapaciteit alles kunnen verwerken. Het onderscheid met de andere principes zit vooral in de grootte van het aangekoppelde oppervlak, hier slechts één gebouw (dak-oppervlak) betreffend.

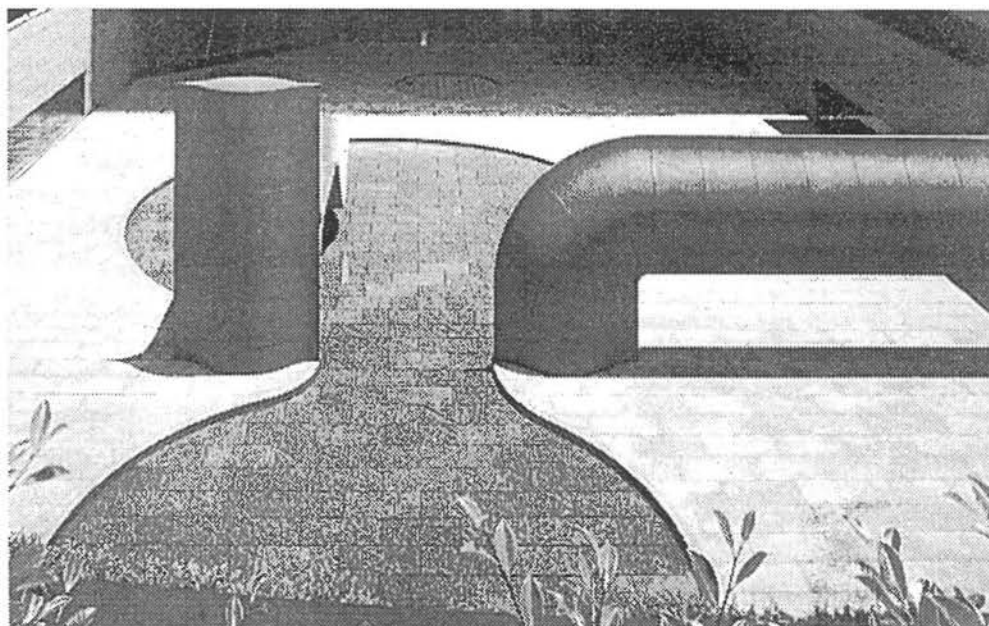
Ook een voorziening onder de regenpijp van geïsoleerd liggende huizen behoort hiertoe. Berging van regenwater in een zuiveringsplek (de natte situatie) is ook mogelijk, mits open water nabij is, of er voldoende capaciteit (op maaiveld!) te realiseren is. Hoe landelijker hoe meer dit organisatie principe bij woningbouw van toepassing is.

Het is van belang in een vroeg stadium het verwerken van regenwater op te nemen in het ontwerp voor de wijk. Er zijn verschillende voordelen denkbaar. Zo is de extra oppervlakte voor berging van regenwater die in de grondexploitatie gerekend is op zichzelfstaand te gebruiken, maar ook te koppelen aan andere elementen. Zo is overmaat te realiseren van een middenberm, waardoor een straat meer allure kan krijgen, of kan een achterpad breder worden dan het

absolute minimum door er een deel van het transportstelsel aan te koppelen. Spelen op een infiltratievoorziening kan, en een berging in het natte systeem kan een extra sierwaarde krijgen. Ook opnemen in een deel van de groenstructuur behoort tot de mogelijkheden. Dit alles onder de restrictie dat het regenafvoerstelsel als zodanig moet blijven functioneren.

Daarnaast is duidelijk geworden dat een deel van de functies niet kan samenvallen met andere; zo is het niet vanzelfsprekend dat de infiltratiezone ook ecologische zone zal zijn. De infiltratiezone krijgt een zeer specifiek milieu, kent een hoge dynamiek in waterhuishouding, en is door inspoeling van allerlei stoffen voedselrijk. Niet een milieutype dat hoog op het verlanglijstje staat. Door een speciaal ontwerp kan de voorziening wel een ecologisch bijzondere plek worden, (zie hoofdstuk 10), maar met de potentieel natuurlijke vegetatie van de omgeving waar de voorziening gemaakt wordt, heeft het meestal niet veel van doen. Wel kan de infiltratiezone de ecologische een grotere robuustheid geven, door ze vlak naast elkaar te situeren.

Op wijkniveau kan ook al een globale typering van de voorziening gemaakt worden, welk beeld en gebruik gewenst is: krijgt het vooral een stenig karakter, of juist groen, treedt het op de voorgrond of wordt het juist zeer terughoudend vormgegeven.



4.5 Mogelijke puntvormige voorzieningen op een industrieterrein



7.1 Voorziening met een stenig karakter



7.2 Voorziening met een groen karakter

7

DE ARCHITECTONISCHE ONTWERP-
OPGAVE OP INRICHTINGSNIVEAU**Vormgeving**

De voorziening kan op veel verschillende manieren vormgegeven worden, kan overwegend groen of juist stenig van karakter zijn, en zich op verschillende manieren voegen in de omgeving. Hierbij spelen dezelfde ontwerp-houdingen een rol zoals ze in hoofdstuk 3 besproken zijn. In de navolgende hoofdstukken worden de afzonderlijke componenten van de infiltratie- en bergingsvoorziening besproken en worden verschillende beelden en materialisatiemogelijkheden gegeven. Vegetatiekundige aspecten worden in het laatste hoofdstuk behandeld.

Dimensionering

Hoe groot de werkelijke benodigde oppervlaktes zijn is alleen te berekenen voor elke

situatie afzonderlijk. Het benodigde oppervlakte voor een infiltratievoorziening en berging is afhankelijk van het aangekoppelde verharde oppervlak, en de doorlatendheid van de bodem ter plaatse. Onderstaande figuren geven een indicatie van de verhoudingen daartussen, bijgaand de gebruikte rekenmethode.

Omdat de situatie vooral wat bodemopbouw en samenstelling betreft sterk verschilt van plek tot plek is een bodemonderzoek ter plaatse nodig voor de dimensionering.

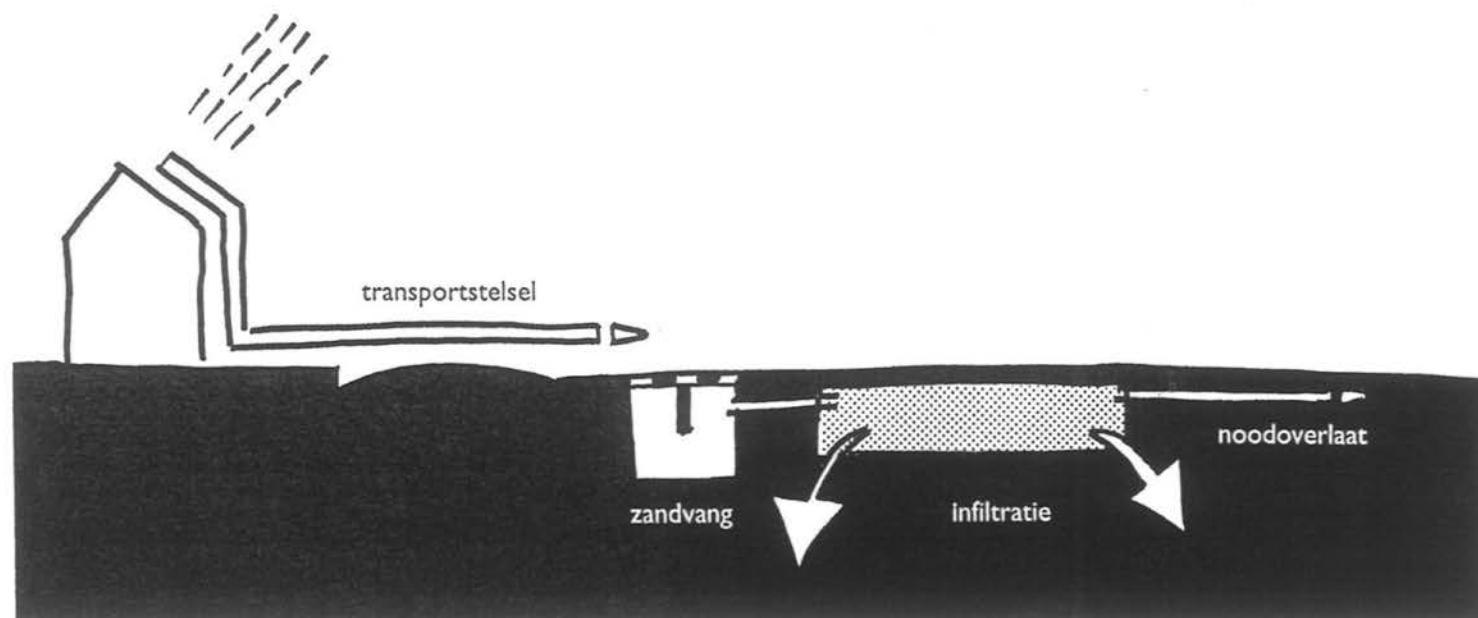
Voor het natte systeem is het benodigde oppervlak voor een berging met voorzuivering afhankelijk van het aangekoppelde verharde oppervlak, de gewenste verblijftijd in de zuivering en de doorlatendheid van de

bodem ter plaatse.

Omdat de situatie vooral wat bodemopbouw en samenstelling van het aangeboden water betreft verschilt van plek tot plek is nader onderzoek ter plaatse nodig voor de dimensionering.

Onderzoek naar het waterkwaliteitsaspect moet nadere aanwijzingen over relaties tussen afmeting en werking geven. Vooralsnog wordt wel het feit van een zuiverende werking meegewogen in de beoordeling van het ontwerp (bij verkrijgen van een vergunning voor het gehele water- en rioolstelsel), maar kunnen precieze handreikingen voor het ontwerp om de zuivering te optimaliseren nog niet gegeven worden.

Ook voor de dimensionering geldt dus dat maatwerk gevraagd wordt.



8.1 Het droge systeem met infiltratievoorziening.

8 HET DROGE SYSTEEM

8.1 Begripsbepaling

Het droge systeem is het deelgebied waar regenwater in de bodem geïnfiltreerd wordt, waarna het water deel kan worden van het grondwater. Dit deelgebied is relatief hooggelegen en de bodem is zandig op geringe diepte onder het maaiveld.

Componenten

De componenten worden hieronder opgesomd, en op de navolgende pagina's afzonderlijk besproken.

- verzamelen en transport zichtbaar
- zandvang kan zichtbaar
- berging kan zichtbaar
- zuivering kan zichtbaar
- infiltratie kan zichtbaar

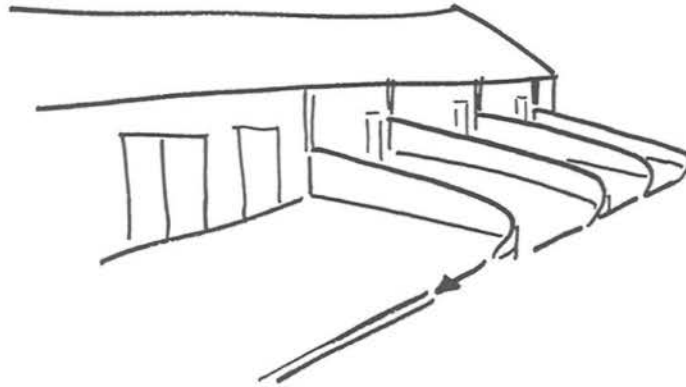
- drainbuis als verspreider
- nooduitlaat kan zichtbaar
- open water zichtbaar

Dimensionering

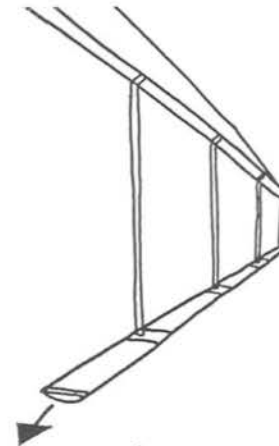
Globale kengetallen op masterplanniveau:

- infiltratievoorzieningen:
3,5 tot 5 % van het te verstedelijken oppervlak
- waterlopen:
1% van het te verstedelijken oppervlak
- taluds:
1,5 % van het te verstedelijken oppervlak

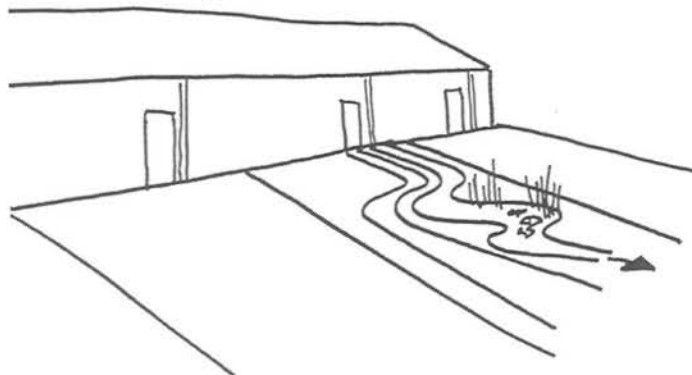
Aan de hand van voorbeelduitwerkingen wordt de dimensionering verder uitgewerkt.



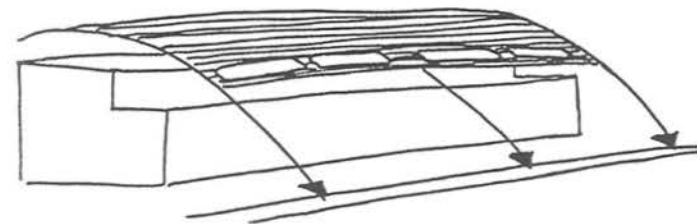
8.2 Regenwatertransport over muurtje op perceelsscheiding



8.3 Regenwatertransport parallel aan de gevel



8.4 Regenwatertransport door de tuin



8.5 Regenwatertransport als voortzetting van het dak

8.2 Aansluiting van een woning op het transportstelsel:

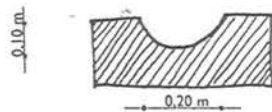
De aansluiting van de woning op het transportstelsel vraagt aandacht bij het ontwerpen van de woning. Regenwater verzamelt zich op de dakvlakken en moet naar het transportstelsel gebracht worden. Traditioneel wordt dit meestal opgelost met een regenpijp op de scheiding tussen twee woningen, waarna het transport verder ondergronds geregeld is. De wens om het transportgedeelte op het maaiveld te houden (en de ervaring dat bij het later aanbouwen van bijvoorbeeld een bijkeuken makkelijk een verkeerde aansluiting ondergronds kan worden gemaakt), maakt die oplossing niet meer zo vanzelfsprekend.

Ook een puntdak dat het regenwater zowel aan de voor- als aan de achterzijde van een woning laat samenkomen levert daarmee een extra moeilijkheid op, die om een slimme oplossing vraagt. Een mogelijkheid is het regenwater samen te brengen door het van één van de zijden door de spouwmuur of de betonnen vloer naar de andere zijde te voeren. Het eenvoudigst is een plat dak dat naar één zijde helt.

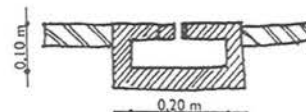
In de schetsen wordt een aantal suggesties gegeven voor mogelijke oplossingen. Dit gedeelte van het watersysteem komen de bewoners dagelijks tegen, en is dus van grote invloed op hun waardering voor het geheel.



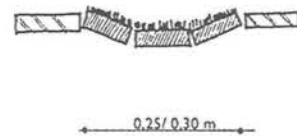
8.6 Groene tussenruimte tussen bebouwing, waar geïnfiltreerd zou kunnen worden (ontwerp Mecanoo)



8.8 Molgoot



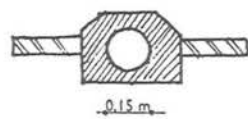
8.9 Verholen goot



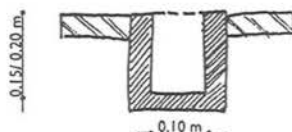
8.10 Goot in grasbetonsteen



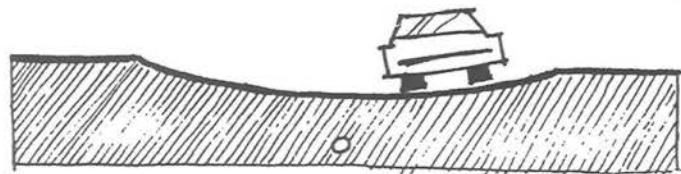
8.11 Goot in kasseien



8.12 Duiker



8.13 Acodrain



8.14 Holle weg

8.3 Transport van regenwater:

Transport vindt plaats van een dak via een dakgoot naar een regenpijp of soortgelijke geleider (ketting bv.), naar een goot, waarna verdere verplaatsing volgt naar een infiltratieplaats.

Daarnaast vindt er transport plaats van regenwater dat zich op ander verhard oppervlak verzamelt via bijvoorbeeld een goot, onder vrije afstroming naar een infiltratieplek.

Voor afstroming van verharding en in goten is een hellingshoek van 3‰ nodig, en kan om praktische redenen over maximaal 200 meter plaatsvinden. Voor halfverharding en onverharde oppervlaktes geldt: hoe ruwer het oppervlak, hoe stijler de benodigde helling, tot 6‰ voor onverhard oppervlak.

Goten:

- verhard:
 - molgoot
 - verholen goot
- halfverhard:
 - grasbetonsteen

De goten zijn op verschillende manieren te verbijzonderen.

Afhankelijk van de organisatie van het transport ten opzichte van andere infrastructuur, (wegen, voetpaden etc) zijn oplossingen voor kruisingen noodzakelijk.

Dat kan op verschillende manieren:

- aco drain
- verholen goot
- duiker, tevens te gebruiken als verkeersgeleider (drempel) als deze op maaiveld wordt aangelegd
- holte overdwers in de weg, in dezelfde bestrating
- holte overdwers in een andere verharding, bv. kasseien.
Ook deze holte overdwers kan fungeren als verkeersgeleider.
- stapstenen
- holle weg

Bij het gebruik van doorlatende verharding (in veel uitvoeringen op de markt) komt het regenwater direct in de ondergrond. Hierbij fungeert de fundering van de verharding (bijvoorbeeld puingranulaat) samen met het wegcunet (zand) als bergings- en infiltratiegedeelte. Afhankelijk van de materiaalkeuze (de opnamesnelheid van het water) kan daarmee een vlakliggende verharding gemaakt worden.



8.12 Mogelijke infiltratievoorziening in een plein (Amerika)



8.13 Transportgootje over de weg 's winters

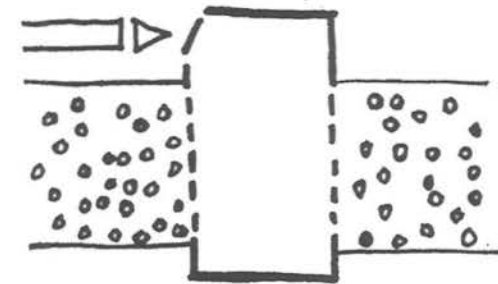
8.4 Zandvang

Een zandvang is nodig in het systeem omdat met het afstromende regenwater veel materiaal meekomt, vooral zand en slibdeeltjes, dat op den duur de voorziening zal verstopen. In een zandvang bezinkt het materiaal, waardoor het geconcentreerd op een makkelijk te bereiken plaats aanwezig is. Het onderhoud bestaat uit het op gezette tijden legen van de put, of het maaien en afvoeren en van tijd tot tijd egaliseren van een veld, afhankelijk van de gekozen oplossing.

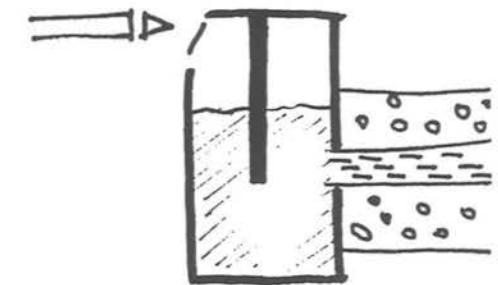
- een kolk met olieafscheider
- een kolk zonder olieafscheider
- een sedimentatieveld, het water over een onverhard oppervlak (bijvoorbeeld een grasveld) laten stromen

Voor het afvangen van peuken en dergelijke gaat de voorkeur uit naar een put. Omdat in Leidsche Rijn twee systemen van regenwaterafvoer voorkomen, het traditionele en het nieuwe dat in dit rapport beschreven wordt, is het van belang dat ze zich van elkaar onderscheiden, met name om bewuste vervuiling tegen te gaan (olie of verfresten in een put gieten). De zandvang moet dus niet op een gewone straatkolk lijken. Afhankelijk van de organisatie van de aanvoer van het water kan de ingang van de zandvang zich ook onder maaiveld bevinden.

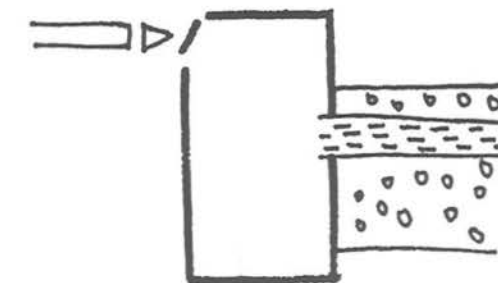
Als de ingang zich op maaiveld bevindt is dat wellicht aanleiding om een nieuw soort putdeksel te ontwerpen.



8.14 Kolk direct aangesloten op bergingsgedeelte



8.15 Kolk met olieafscheider



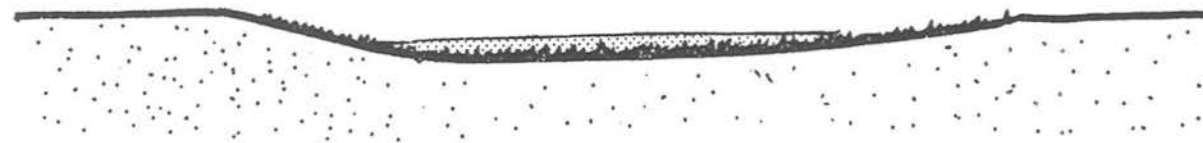
8.16 Kolk



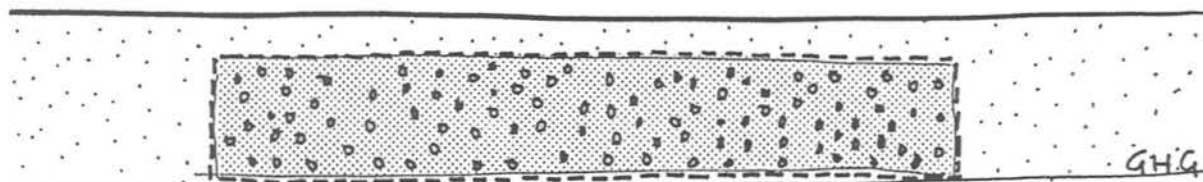
8.17 Sedimentatieveld



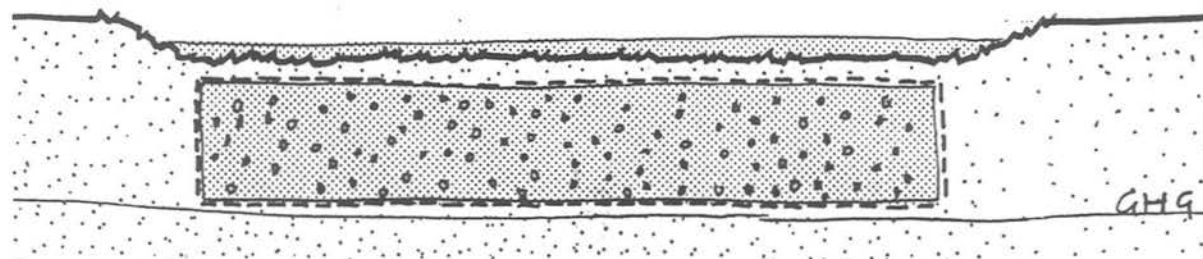
8.18 Bijzonder putdeksel (Zutphen)



8.19 Een laagte



8.20 Een ondergrondse berging



8.21 Een gecombineerde berging, ondergronds en een laagte op maaiveld

8.5 Berging

Het verzamelen van regenwater op één plaats waardoor andere plaatsen snel droog zijn.

- een laagte, met eventueel grondverbetering, afhankelijk van de toestand ter plaatse.
- ondergrondse berging: voorziening waarbij in de bodem materiaal wordt aangebracht met veel holle ruimte, waar het water makkelijk in doordringt. Dit materiaal is ingepakt in geotexiel zodat het op één plaats blijft. Als vulling kan onder andere dienen: geëxpandeerde kleikorrels, puingranulaat, grind, nidaplast of een andere kunststofconstructie. De toegang vanaf het maaiveld tot de voorziening moet gerealiseerd worden door een bodemverbetering.
- een combinatie waarbij een deel van de capaciteit ondergronds en een deel bovengronds gerealiseerd wordt.

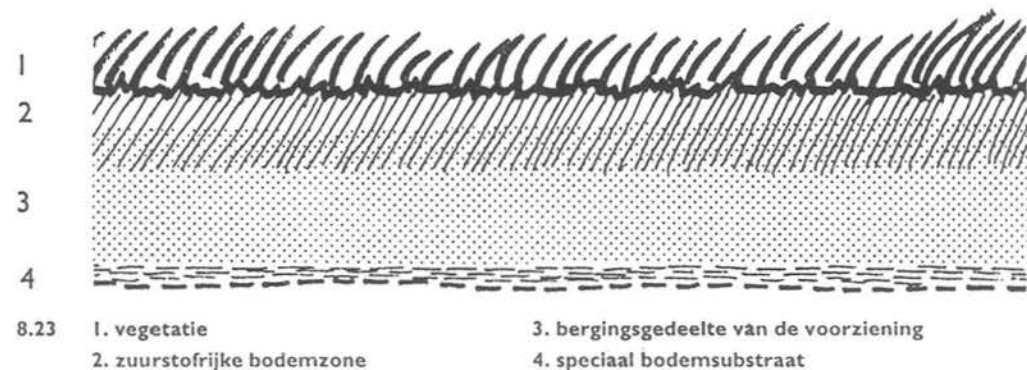


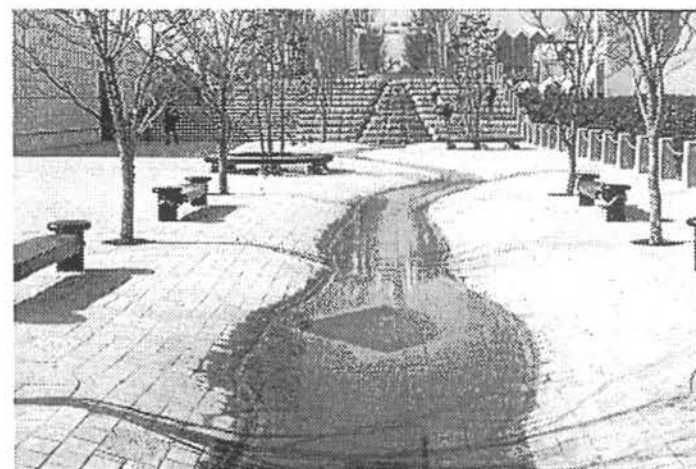
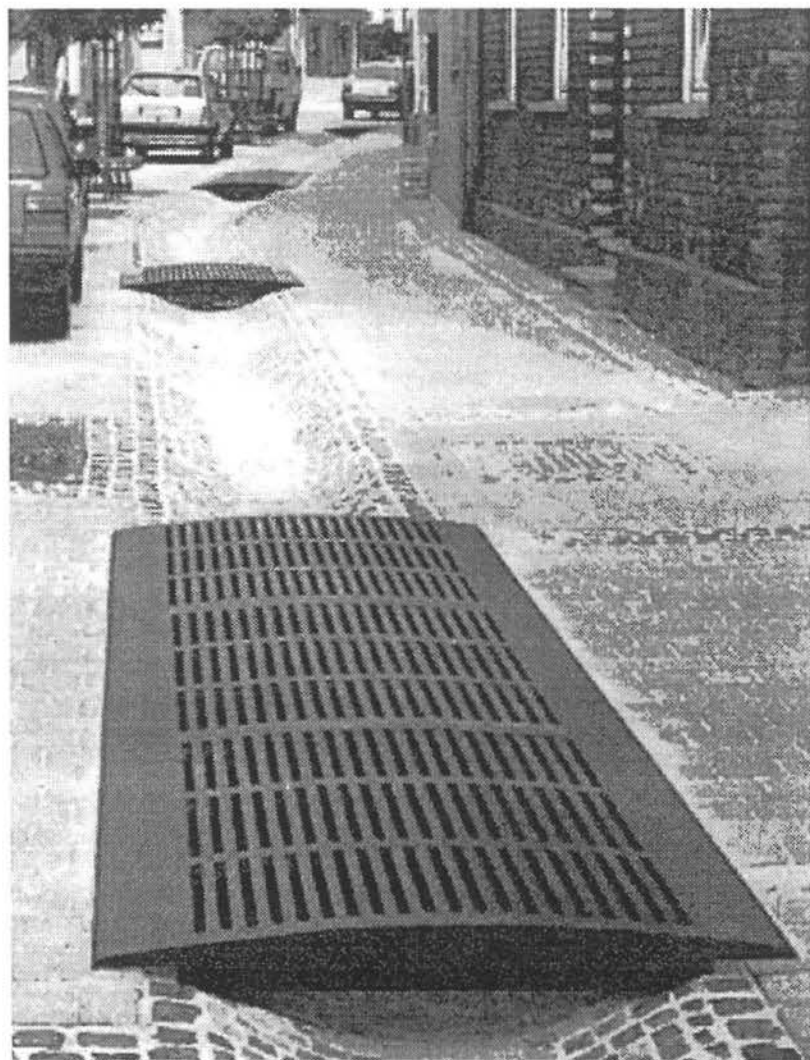
8.22 Een laagte

8.6 Zuivering van afstromend regenwater

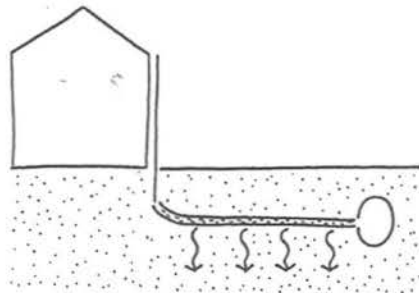
Tijdens het transport door de lucht en over verschillende oppervlaktes op het maaiveld lossen stoffen op in het regenwater en worden materialen meegevoerd. Een aantal daarvan is ongewenst. De zuiveringsstappen die zijn ingebouwd moeten de kwaliteit van het water weer omhoog brengen. Zuivering vindt plaats:

- door contact met zuurstof uit de lucht. Het laten wervelen van het water tijdens het transport door bijvoorbeeld het inbouwen van kleine hoogteverschillen (cascades) of komvormige gedeeltes. Spelende kinderen in water hebben datzelfde (maar minder continue) effect.
- in de zuurstofrijke zone van de bodem door omzetting van stoffen door bacteriën of binding aan bodemdeeltjes.
- door het afvoeren van gemaaide vegetatie, de planten nemen stoffen uit het water op, en door de planten te maaien, en het maaisel af te voeren, worden ook de stoffen afgevoerd.
- in een speciale organische laag in de ondergrondse berging: door daar bijvoorbeeld een laag turf, leem of humus aan te brengen worden veel stoffen gebonden. Voor het meest effectieve medium zal de expertise van een bodemchemicus ingeschakeld moeten worden.

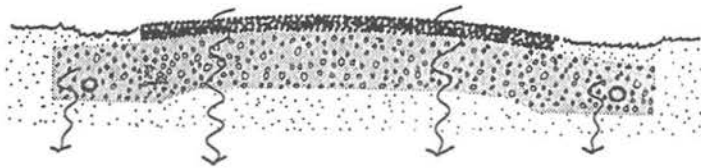




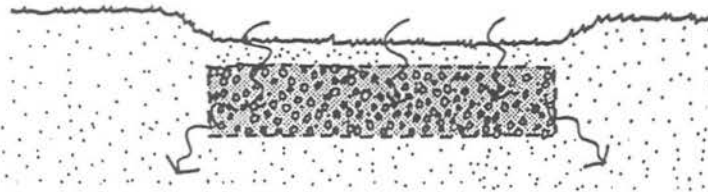
8.24 Beelden van transport van regenwater



8.25 Riooldrain



8.26 Doorlatende verharding



8.27 Infiltratievoorziening

8.7 Infiltratie

Regenwater deel laten worden van het grondwater, door de oppervlakkige afvoer te vertragen kan op de volgende manieren:

- een laagte met grondverbetering zodat het water weg kan zakken
- een ondergrondse voorziening met grondverbetering
- een combinatie van die twee
- in combinatie met een andere functie, bijvoorbeeld met (doorlatende) verharding

Combineren met andere functies kan op een aantal plaatsen:

- het infiltreren in een wegcunet: hier ligt de bodemverbetering al klaar. De fundering waaruit het cunet grotendeels bestaat is geschikt om water op te nemen en langzaam te laten wegzijgen naar de diepere ondergrond. Dat kan niet in alle situaties, dan is afvoeren naar een sloot mogelijk. Speciale aandacht verdient de drooglegging, in verband met kabels en leidingen en opvriezen, en de stabiliteit.
- infiltreren door: doorlatende verharding: uit de onderzoeken die nu lopen mag al wel voorzichtig de conclusie worden getrokken dat de bodem en grondwater naast verharding en onder open verharding niet noemenswaardig vervuild blijkt (van wegen met verschillende verkeersintensiteit), en dat het infiltreren door doorlatende verharding zonder bezwaar kan. Er zijn verschillende doorlatende verhardingen in

de handel, en er komen er ook bij, bijvoorbeeld een mengsel van zand en een hars, dat in veel verschillende kleuren te verkrijgen is.

- het infiltreren vanuit een riooldrain, vooral geschikt als 'stand alone' voorziening, om het infiltrerend oppervlak te vergroten.

De dimensionering van een infiltratievoorziening hangt samen met het benodigde bergend vermogen; hierbij zal eveneens rekening moeten worden gehouden met opeenvolging van buien.

Dat is sterk afhankelijk van de grootte van de voorziening in relatie tot het verhard oppervlak dat er op afwatert, en van de doorlatenheid van de bodem ter plaatse. Omdat onzeker is hoe de verschillende bodemtypen waarin geïnfiltrerd wordt zich op termijn zullen ontwikkelen (een bepaalde mate van dichtslibben zal optreden), wordt de voorziening royaal gedimensioneerd.



8.28 Doorlatende verharding



8.29 Overlaat op laaggelegen terrein met openbaar groen

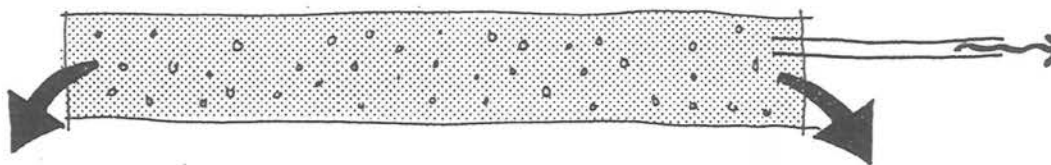
8.8 Noodoverlaat

Als een voorziening meer water aangeboden krijgt dan er verwerkt kan worden, treedt de noodoverlaat in werking zodat overlast tot een minimum beperkt blijft.

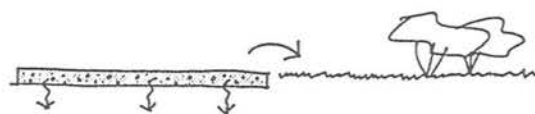
Mogelijke toepassingen zijn:

- overlaat op open water: rechtstreeks en bovengronds; een verbinding tussen de voorziening en het open water door middel van een pijpje, eventueel met een afvoerregeling
- overlaat op open water: getrapt en bovengronds: een verbinding tussen de infiltratie voorziening en een naastgelegen, lagergelegen voorziening, uiteindelijk eindigend in open water
- overlaat op open water, ondergronds door middel van een drain op een gekozen hoogte in de voorziening in verband met de ontwatering
- overlaat op laaggelegen terrein (openbaar groen) waarvan de begroeiing bestand is tegen innundaties, of een gedraineerd terrein zoals een sportveld

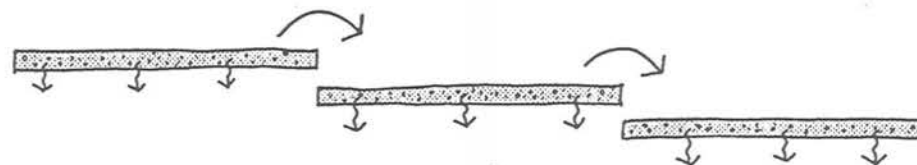
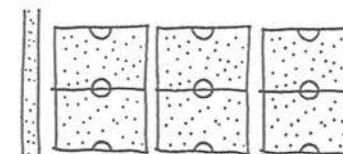
let op: rechtstreeks lozen op het oppervlaktewater is vergunningsplichtig. Het verkrijgen van de vergunning voor lozingspunten in dit nieuwe systeem is afhankelijk van de inzichten van de waterkwaliteitsbeheerder.



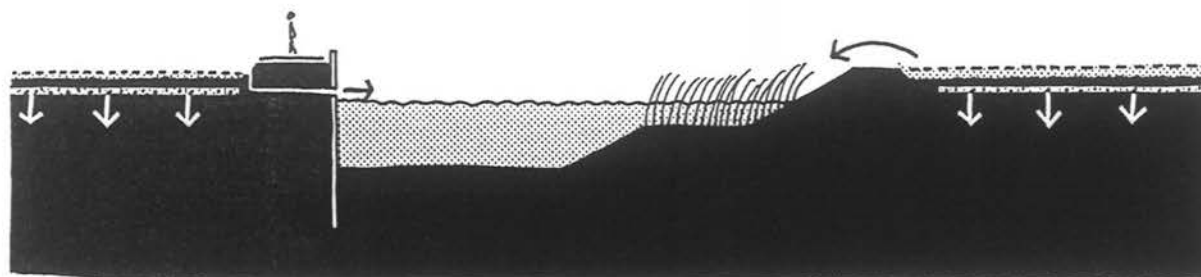
8.30 Basisprincipe noodoverlaat in bergingsgedeelte, doorsnede



8.31 Doorsnede en plattegrond overlaat op (openbaar) groen



8.32 Overlaat op andere infiltratievoorzieningen



8.33 Doorsnede overstortmogelijkheden op open water

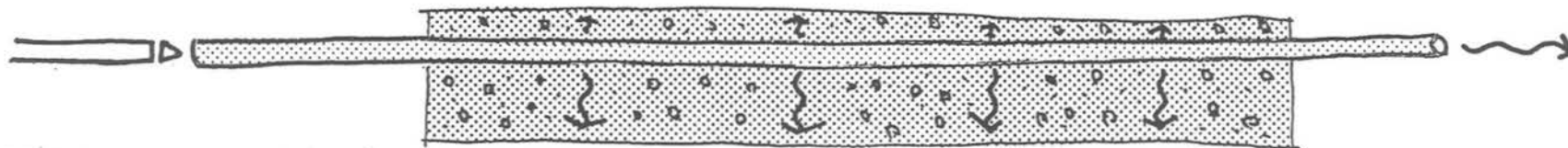
8.9 Drain

De werking van het infiltratie en bergingssysteem wordt met drains verstrekt en versneld.

Een pijp of buis als verspreider van het regenwater in een voorziening maakt dat het bergingsgedeelte effectief te gebruiken is; de opname van water wordt versneld.

Verder zijn drains te gebruiken als deel van het transportstelsel, en als noodoverlaat.

Drains worden ondergronds toegepast, en kennen in verband met aanleg onder verhang en het onderhoud een maximale lengte van 200 meter.



8.34 Drain als verspreider

8.10 Open water

Het open water heeft in Leidsche Rijn vele functies. Wat hier van toepassing is, is het gebruik van het open water in het infiltratie en bergingssysteem. Het open water wordt gebruikt als retentievoorziening voor de afvoer vanuit de voorzieningen en verzamelt uiteindelijk al het water dat niet verdampt of wegzijgt naar het diepere grondwater. In het open water wordt ook de seizoensberging geregeld. Het open water wordt zo gedimensioneerd dat de fluctuatie tussen zomer en winter zo'n 30 cm. bedraagt. Een grotere fluctuatie is ongewenst, omdat dan het maken van oeverconstructies problemen oplevert. De oeverzone waarin de 30 cm. seizoensfluctuatie optreedt is ecologisch interessant, veel planten van oevermilieu's voelen zich daar thuis. Regenwater dat niet in de seizoensberging opgevangen kan worden mag met ongeveer 1,5 liter per seconde per hectare uitgeslagen worden naar water buiten het Leidsche Rijn systeem (norm van het Hoogheemraadschap). Het streven is zoveel mogelijk regenwater vast te houden binnen het gebied, en dus het oppervlak open water zo groot mogelijk te maken. Afhankelijk van de organisatie van het bebouwde gebied op wijkniveau stelt het infiltratie en bergingssysteem eisen aan de nabijheid van open water, zie hoofdstuk 6.

8.11 Voorbeelduitwerkingen

Twee situaties zijn uitgewerkt, een vlak- en een lijnvormige infiltratievoorziening, in een gefingeerde bebouwde omgeving. Uitgegaan is van een standaard ondergronds bergingsgedeelte, een kunststof constructie, dat in een vaste breedte en hoogte, met variabele lengte geleverd kan worden. Deze zijn met en zonder drainage en met en zonder bovengronds bergingsgedeelte bekeken. De gehanteerde benamingen zijn als volgt: een infiltratievoorziening is uitsluitend een ondergrondse constructie, een wadi is in deze studie een voorziening waarbij naast het ondergrondse deel ook een deel van de berging op het maaiveld gerealiseerd wordt. Uit de voorgaande hoofdstukken moge duidelijk zijn dat ook tal van andere oplossingen en constructies mogelijk zijn. Eerst volgt de algemene theorie voor bepaling van de dimensionering, daarna volgen de voorbeelduitwerkingen.

Bepaling van de dimensionering van infiltratievoorzieningen en wadi's met en zonder drainagevoorziening.

Een methode om verharde oppervlakken van het rioelstelsel af te koppelen is het infiltreren van het regenwater in de bodem. Dit kan door een infiltratievoorziening (of een wadi) aan te leggen waar afstromend regenwater direct of indirect via buizen in stroomt. Via deze infiltratievoorziening infiltreert het water vervolgens in de bodem.

Er is een iteratieve computer-rekenmethode ontwikkeld, die uit de combinatie van gegevens en voorwaarden een aantal mogelijke oplossingen genereert, waaruit de meest gewenste oplossing gekozen wordt. Bij de dimensionering van de voorziening moet rekening gehouden worden met de maximale hoeveelheid water die kan worden aangevoerd en afgevoerd (o.a. een eigenschap van de bodem) en de hoeveelheid water die in de voorziening zelf ondergronds geborgen kan worden. Aan de hand van deze gegevens kan dan worden bepaald wat de extra benodigde berging (bovengronds) is. Daarnaast kunnen er andere eisen aan de hele voorziening worden gesteld, bijvoorbeeld aan de ledigingstijd.

De hoeveelheid (uitgedrukt in mm) die in een voorziening kan worden geborgen is gelijk aan het produkt van de inhoud van de infiltratievoorziening en de porositeit van het gebruikte materiaal in de voorziening gedeeld door de grootte van het afstromend oppervlak.

De hoeveelheid water die een voorziening bij een bepaalde duur van een regenbui maximaal te verwerken krijgt (uitgedrukt in mm) is het verschil tussen de maximale hoeveelheid neerslag die kan vallen bij een bepaalde regenduur en de hoeveelheid water die gedurende de tijd dat het regent door de infiltratievoorziening kan worden afgevoerd.

Deze laatste hoeveelheid, de exfiltratie, is gelijk aan het produkt van het oppervlak waarover geïnfiltreerd kan worden (uit veiligheidsoverwegingen wordt gerekend met de helft van het oppervlak van de zijwanden van de voorziening, ervanuitgaande dat de bodem op den duur zal dichtslibben) en het quotiënt van de doorlatendheid van de bodem en de grootte van het afwaterende oppervlak.

Voor elke regenduur kan de te verwerken hoeveelheid worden bepaald. De maximaal te verwerken hoeveelheid is vervolgens het maximum van alle bepaalde hoeveelheden.

De maximale hoeveelheid neerslag die bij een bepaalde regenduur kan vallen, kan worden bepaald met behulp van regenduurlijnen welke geldig zijn voor een bepaalde overschrijdingstijd. Voor de overschrijdingstijden worden meestal waarden van 1, 2, 5, 10 en 25 jaar genomen. Met de regenduurlijn kan voor een bepaalde duur van een regenbui worden vastgesteld welke maximale afvoer eens per "overschrijdingstijd" voorkomt.

In deze voorbeelden wordt de overschrijdingstijd op eens in de 2 jaar gesteld. Dat wil dus zeggen dat een voorziening gebaseerd op deze regenduurlijn eens in de twee jaar te klein zal blijken, zodat de noodoverlaat in werking treedt.

De ledigingstijd is de tijd die er nodig is om een geheel gevulde voorziening te ledigen en

is dus gelijk aan de berging in de voorziening gedeeld door de exfiltratie. In deze studie is als eis gesteld dat de ledigingstijd maximaal 48 uur mag zijn.

Gehanteerde randvoorwaarden

Zoals eerder gezegd is van een aantal randvoorwaarden uitgegaan: een ledigingstijd van 48 uur en een overschrijdingstijd van 2 jaar. Bovendien is er vanuit gegaan dat de infiltratie door de helft van de zijwanden van de voorziening plaats vindt. Dit geeft een extra veiligheidsmarge aan de regenwateropvang.

Deze gegevens gelden voor de drie genoemde voorzieningen (infiltratievoorziening, wadi met en zonder drainage). Voor wadi's gelden extra gegevens. Er wordt gesteld dat de diepte van de wadi op het maaiveld 0,30 m. is. De taludhelling wordt op 1:2 vastgesteld. Voor een wadi met drainagevoorziening geldt bovendien dat de drainagevoorziening 1,0 l/s/ha afvoert.

De dimensionering bij verschillende omstandigheden

Voor elke voorziening is bij verschillende waarden van de parameters (afwaterend verhard oppervlak, breedte en hoogte van het infiltratiedeel, doorlatendheid van de bodem en porositeit van het materiaal van de voorziening) de bijbehorende dimensionering bepaald.

Deze gegevens zijn samengebracht in grafieken.

De benodigde lengte van de voorziening is bepaald voor verschillende combinaties van:

- afwaterende verharde oppervlakken; tussen de 100 en 2000 m² in stappen van 100 m²
- breedtes van de voorziening; tussen 1,0 en 3,0 m in stappen van 0,5 m
- k = doorlatendheid van de bodem; waarden van 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 en 4,0 meter per dag
- hoogte van de voorziening; tussen 0,4 en 1,5 meter in stappen van 10 centimeter
- p = porositeit; 0,3 (gebroken puin) 0,47 (geëxpandeerde kleikorrels) en 0,90 (drainagebox)

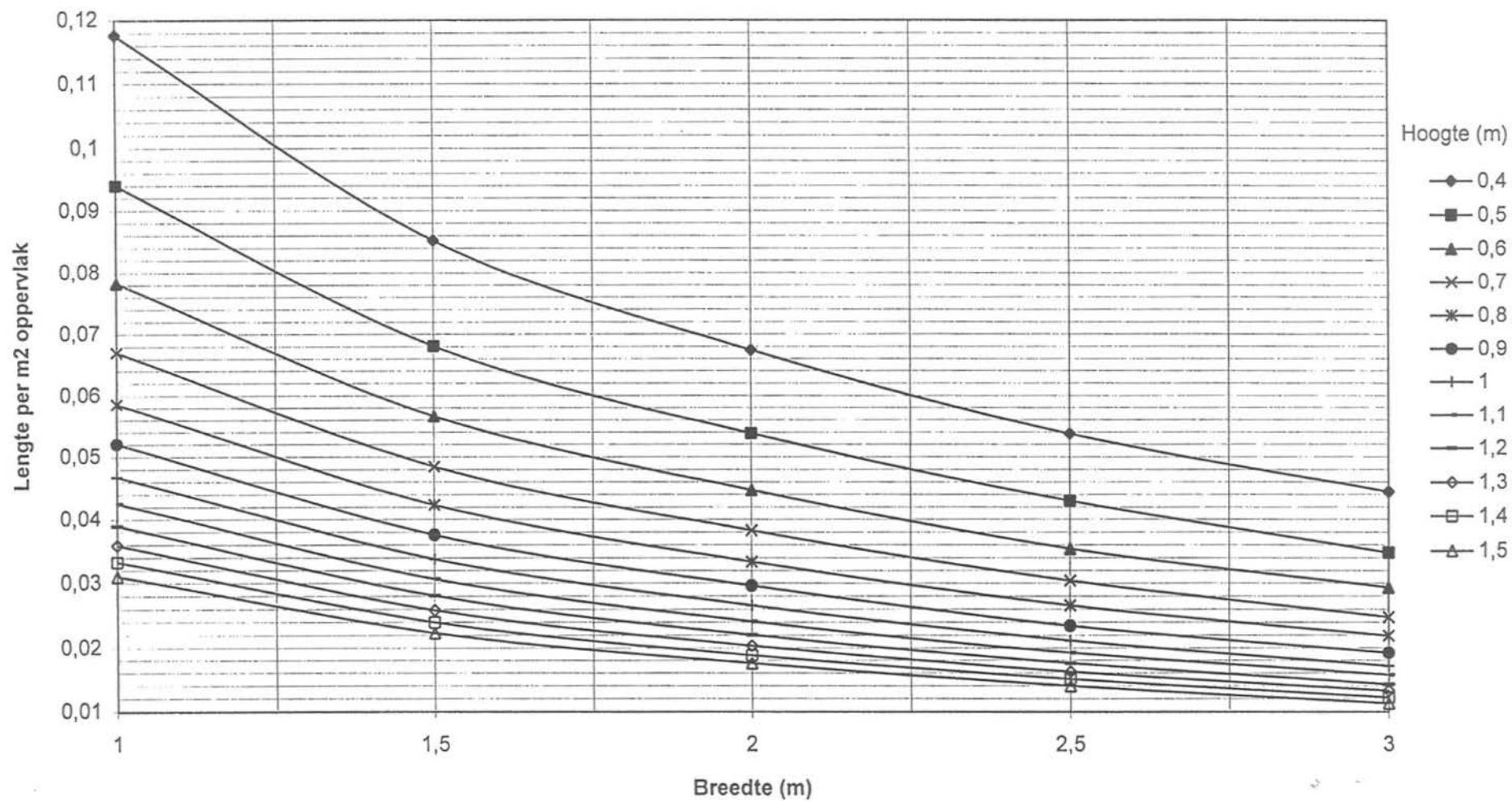
Toelichting op het gebruik van de grafieken

De resultaten zijn op een compacte manier gepresenteerd in de grafieken. Eén grafiek wordt hier opgenomen, de overige zijn opgenomen in de bijlage.

Met deze grafieken kan voor elke voorziening en voor elke doorlatendheid van de bodem vanaf k = 0,5 op een snelle wijze een redelijk goede schatting worden gemaakt van de benodigde lengte. Op de x-as is de breedte van de voorziening uitgezet en voor verschillende waarden van de hoogte is een bijbehorende factor per oppervlakte-eenheid uitgezet. Door deze waarde te vermenigvuldigen met de grootte van het afwaterend verhard oppervlak kan vervolgens de lengte

INFILTRATIEVOORZIENING

$k=0,5 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2j$, $L_t < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



worden vastgesteld.

Bijvoorbeeld: een infiltratievoorziening van 2 meter breed (dit is het ondergrondse gedeelte), een hoogte van 0,5 meter, en een k-waarde van de bodem van 0,5, moet per m² aangekoppeld oppervlak ongeveer 5,5 cm lang zijn. Voor 500m² aangekoppelde oppervlakte is dat dus $500 \times 0,055 = 27,5$ meter.

Uit berekeningen van de grootte die een voorziening moet krijgen bij een doorlatendheid van de bodem van kleiner dan 0,5 blijkt dat dat door het ruimtebeslag nauwelijks een realistische optie is in stedelijk gebied. Ook wordt de ledigingstijd groter dan 2 dagen. Zie voor de k-waarden en bijbehorende grondsoorten bijgaande tabel. De k-waarde van een bepaalde bodem kan sterk vergroot worden door de aanwezigheid van macroporiën, gemaakt door plantewortels of activiteiten van bodemfauna. De k-waarde dient dus ter plekke gemeten te worden, vóór de voorziening gedimensioneerd wordt.

Bij de grafieken dient opgemerkt te worden dat bij het maken van de berekeningen van de wadi's geen rekening is gehouden met de ledigingstijd. Om te controleren of de ledigingstijd van 48 uur niet overschreden wordt moet opnieuw naar de hele set gegevens worden gekeken.

De doorlatendheid (kD) voor verschillende grondsoorten

(Bron: Cultuurtechnisch vademecum, 1988)

Grondsoort	kD (m/d)
Grof zand	11,2
Matig grof zand	3,0
Matig fijn zand	1,1
Fijn zand	0,5
Humeus lemig matig grof zand	0,01
Zwak lemig matig grof zand	0,02
Lemig matig grof zand	0,003
Lemig fijn zand	0,27
Zandige leem	0,17
Löss	0,15
Fijnzandige leem	0,12
Siltige leem	0,07
Leem	0,05
Lichte zavel	0,24
Zware zavel	0,02
Kleiige leem	0,01
Lichte klei	0,04
Matig zware klei	0,01
Komklei	0,002
Veen	0,05

Vlakkvormige voorziening, een wadi

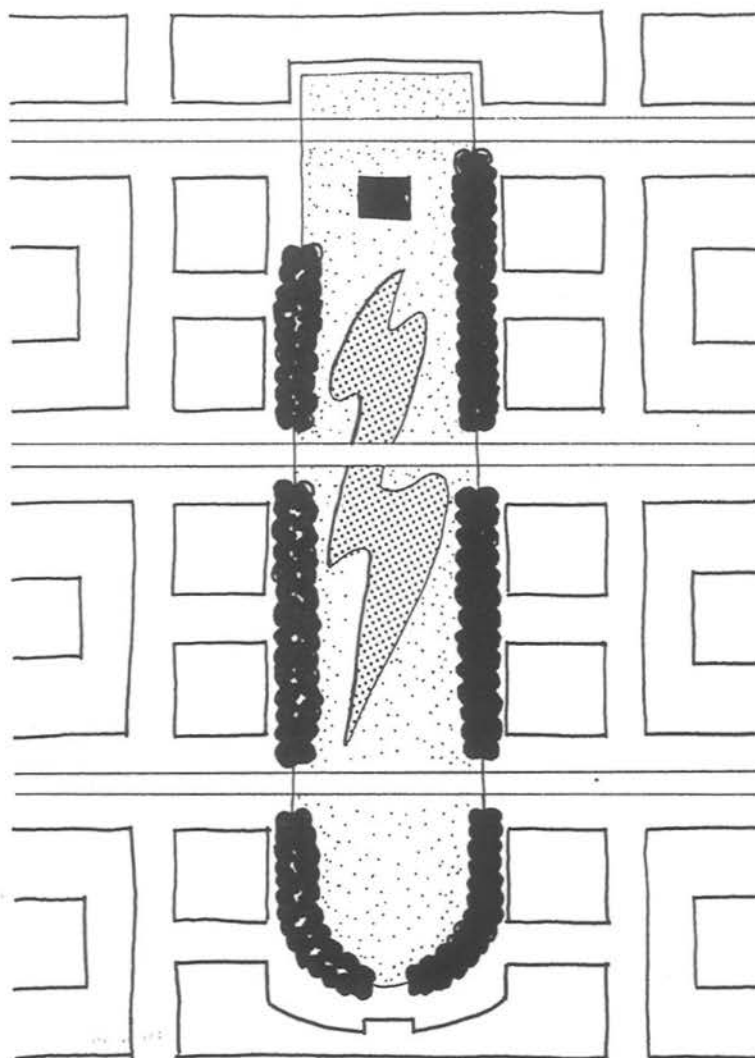
Als voorbeeld is een open ruimte in bebouwd gebied getekend, een infiltratievoorziening is gesitueerd in een iets verlaagd aangelegd grasveld omzoomd met een bomenrij. Om deze open ruimte staan 'urban villa's', gestapelde woningen zonder privé tuinen. Het grasveld fungeert als wadi, een infiltratievoorziening met een deel van de bergingscapaciteit op maaiveld. In de schematische afbeelding is aangegeven hoe het regenwater naar de voorziening wordt gebracht, en waar zich de verschillende componenten van de voorziening bevinden. Het infiltratiegedeelte is te verbijsonderen door bijvoorbeeld geen gras maar biezten in te planten. Als de bovengrondse berging vol water staat verandert de aanblik van deze ruimte. Het brengt een extra laag in de beleving, het maakt van een gewoon grasveld een onverwachte, bijzondere plek.

De wadi is ongeveer 100 meter lang en gemiddeld 10 meter breed, het ondergrondse deel is berekend met een standaardinfiltratievoorziening van 0,40 m breed en 0,46 m hoog.

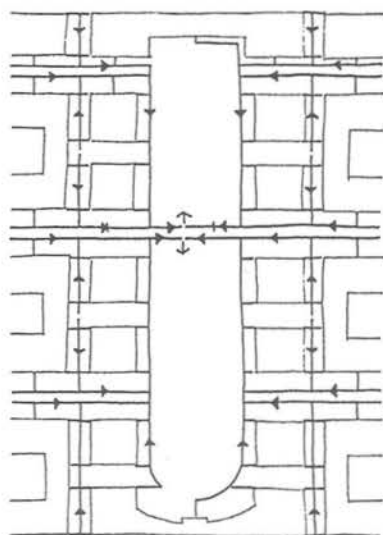
De voorziening is doorgerekend op k-waarde 1 meter per dag (matig fijn zand) en k-waarde 1,5 meter per dag (iets grover zand). De ledigingstijd bedraagt 2 dagen, en uit de berekening volgt dat de overschrijdingsperiode 0,1 keer per jaar zal zijn. Het grasveld als noodoverlaat wordt dus

gemiddeld 1 keer in de 10 jaar gebruikt. Het verharde oppervlak dat onder deze voorwaarden aan deze voorziening gekoppeld kan worden bedraagt bij $k = 1$: ruim 5600 m² en bij $k = 1,5$ ruim 6200 m². Globaal genomen is dat de helft van de eerste rij bebouwing en bestrating rond deze open ruimte. Door het ondergrondse deel te verdubbelen (met circa 10 meter ruimte tussen de infiltratiesleuven), kan deze oppervlakte verdubbeld worden, zodat de voorziening het afstromend regenwater van de verharding van alle aanliggende bebouwing kan opvangen. Meer oppervlakte kan aangekoppeld worden als de voorwaarden worden aangepast. Bijvoorbeeld als een ruimere overschrijding van overstrooming van de voorziening op het grasveld geaccepteerd wordt, als het ondergronds deel nog verder vergroot wordt, of als het bovengrondse deel vergroot wordt.

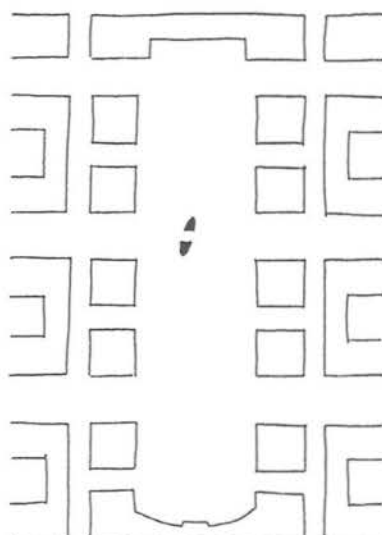
Een andere mogelijkheid is slechts het regenwater van daken naar de voorziening te brengen, en de wegen (als die voor afkoppeling in aanmerking komen) uit te voeren met doorlatende verharding. Regenwater dat op deze straten valt zakt dan rechtstreeks weg in de bodem. De fundering van de weg werkt dan als tijdelijke berging.



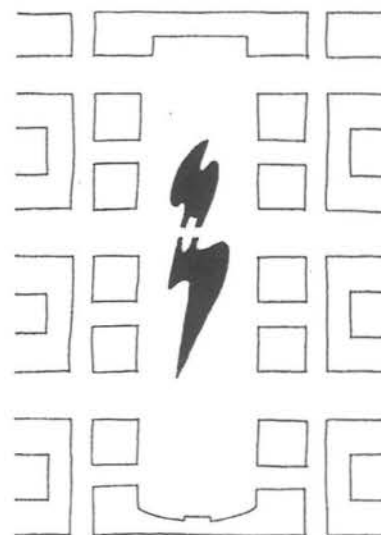
8.35 Vlakinfiltratie



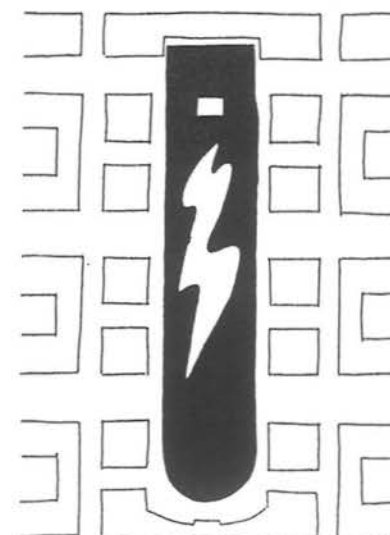
8.36 Transportstelsel: molgoten



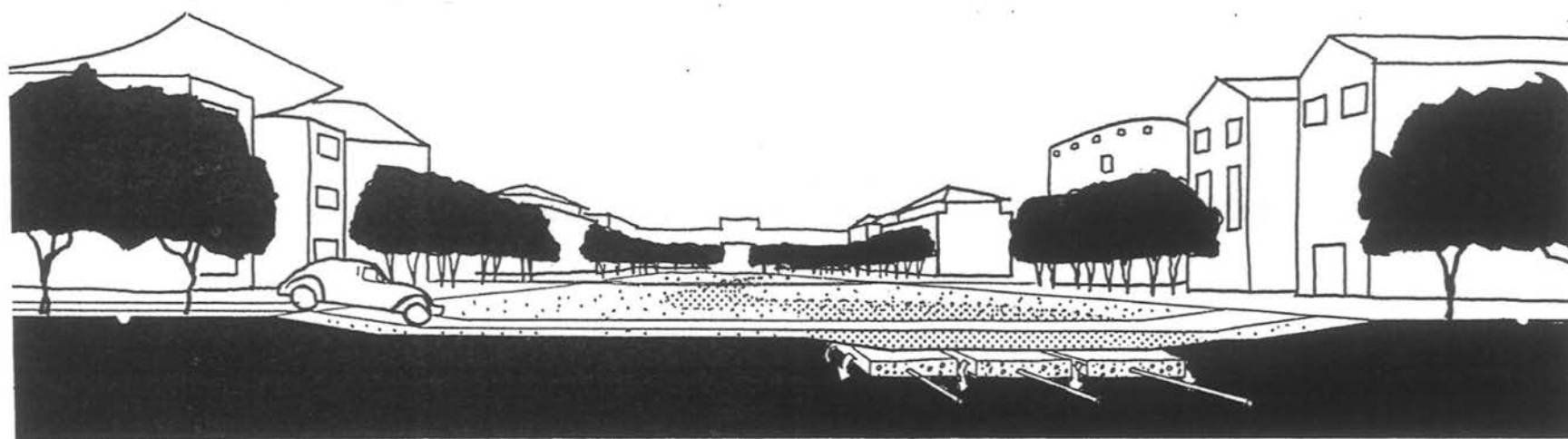
8.37 Sedimentatieveld: gras



8.38 Infiltratiegedeelte



8.39 Overlaatgebied: gras



8.40

Lijnvormige voorziening

Haaks op de woonstraten is een lijnvormige voorziening ontworpen, aansluitend aan een lijnvormige goenvoorziening met opgaande beplanting. De voorziening sluit aan op en stort over in open water. De tekening laat twee aansluitende voorzieningen zien, in het midden bevindt zich de 'waterscheiding'. Hoe meer oppervlakte er aan de voorziening gekoppeld is, hoe breder deze wordt. Een iets verhoogd aangelegd pad vormt de scheiding tussen de voorziening en het opgaande groen (zie doorsnedes).

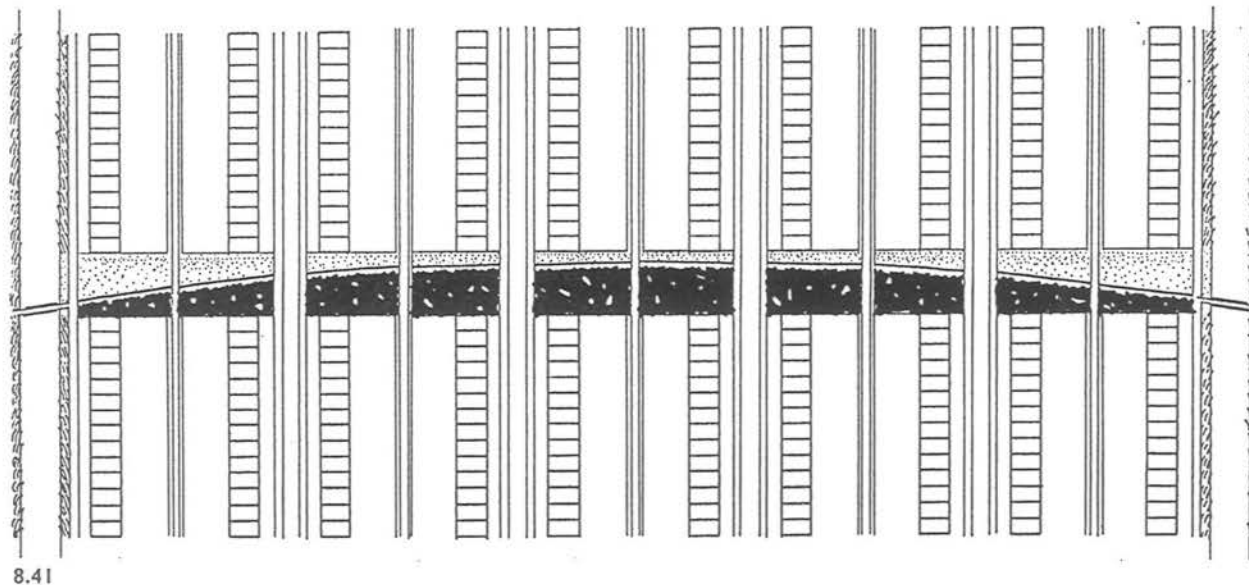
De strook wordt op verschillende plaatsen doorsneden door een weg of achterpad. Hier zal een kruising gemaakt moeten worden (zie paragraaf 8.5) die als verkeersgeleider ingezet kan worden. De combinatie van groenvoorziening (de strook met opgaande beplanting) en infiltratievoorziening laat zien dat door deze twee naast elkaar aan te leggen er een bredere groenstrook gemaakt kan worden, die op de openbare ruimte een grotere impact heeft.

De voorziening is 180 tot 200 meter lang, en gemiddeld ca. 10 meter breed. Het onder-

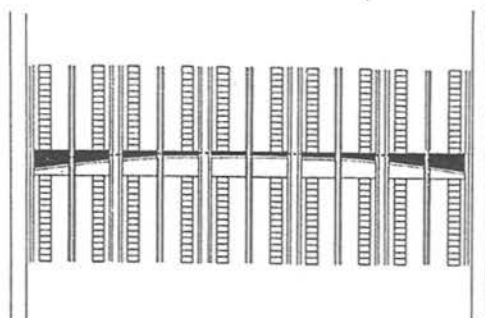
grondse deel is berekend met een standaard-infiltratievoorziening van 0,40 m breed en 0,46 m hoog.

De voorziening is doorgerekend op een doorlatendheid van de bodem met een k-waarde van 1 meter per dag (matig fijn zand). De ledigingstijd bedraagt meer dan 2 dagen, waardoor van deze voorziening vaker het bovengrondse deel nat zal zijn. De overstort vindt plaats op het open water.

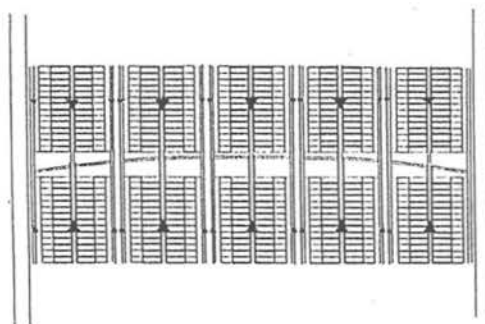
Het verharde oppervlak dat onder deze voorwaarden aan deze voorziening gekoppeld kan worden bedraagt ongeveer 1 ha.



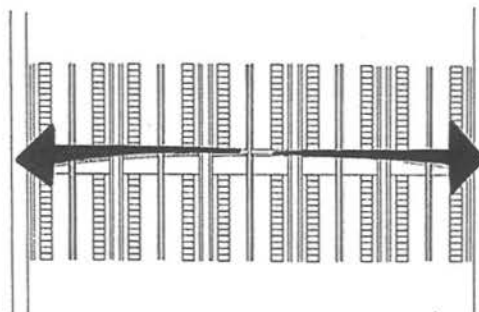
8.41



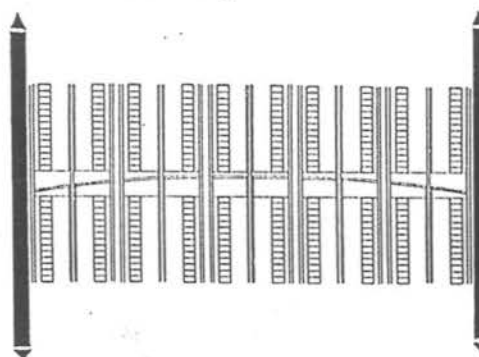
8.42 Infiltratiegedeelte



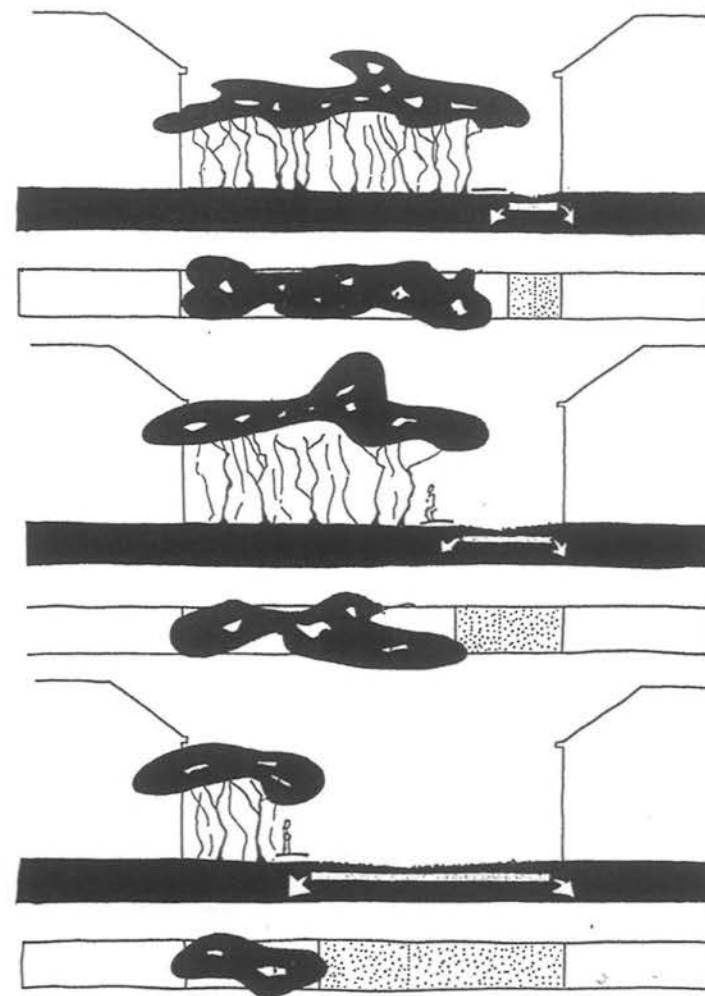
8.44 Transportstelsel



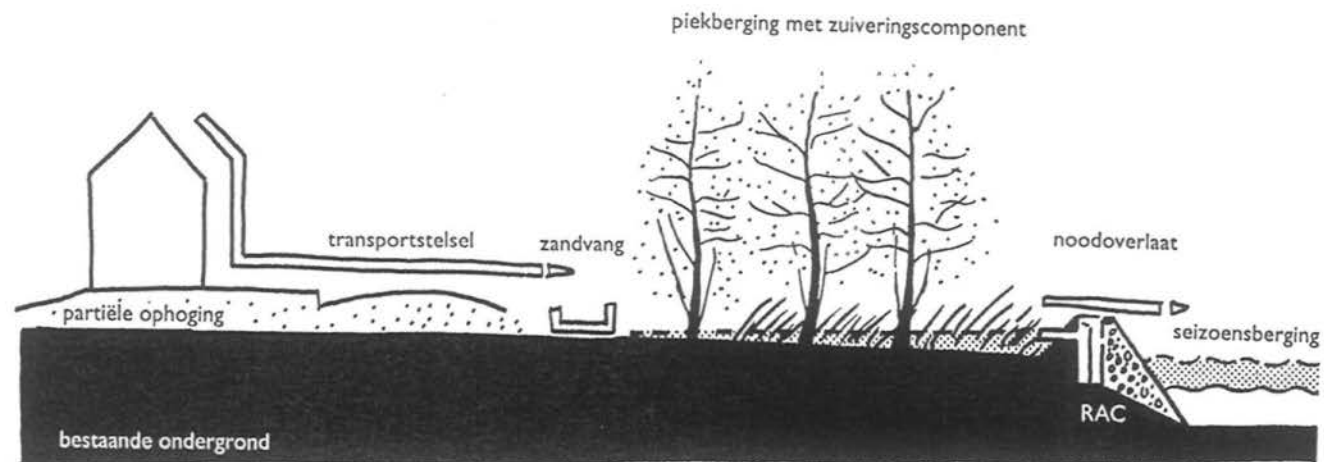
8.43 Afstroomrichting



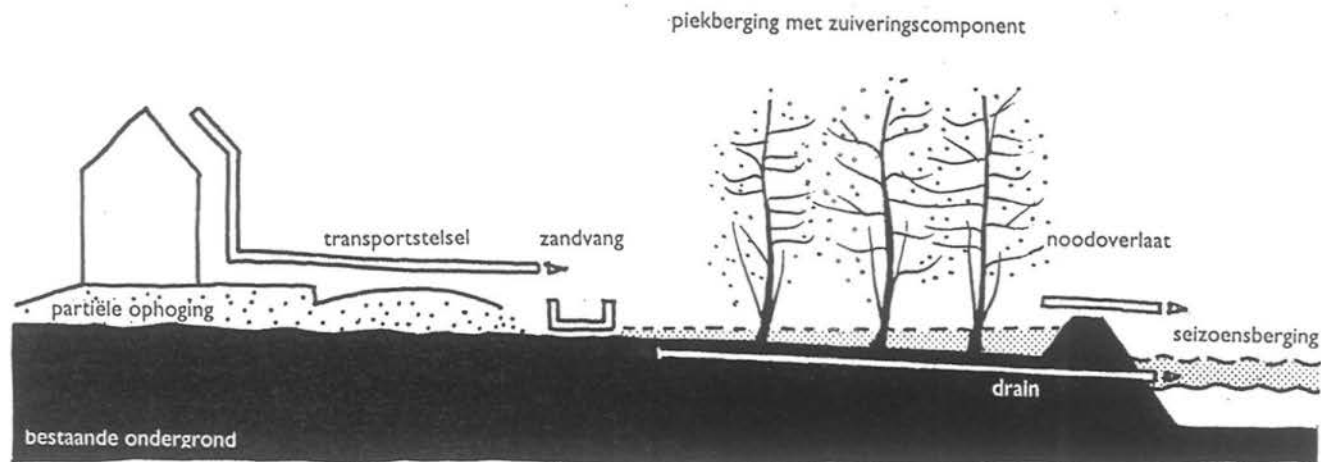
8.45 Overlaat op open water



8.46



9.1 Natte systeem met r.a.c. (regelbare afvoerconstructie)



9.2 Natte systeem met drain

9 HET NATTE SYSTEEM

9.1 Begripsbepaling

Het natte systeem is het deelgebied waar regenwater wordt gebufferd in het oppervlaktewater en in de voorzuivering. Regenwater wordt verzameld, naar een zuiveringsvoorziening gebracht, wordt na verloop van tijd overgelaten of zijgt na verloop van tijd weg via de bodem of via een drain naar open water.

De componenten

- verzamelen en transport zichtbaar
- zandvang kan zichtbaar
- zuivering zichtbaar
- berging zichtbaar
- regelbare afvoerconstructie
 met daarin slibvang en noodoverlaat
- openwater zichtbaar

En aantal componenten verschilt niet van die van het droge systeem, zie aldaar.

Bij transport van regenwater is een grote rol weggelegd voor het verhang. Omdat er onder de woningen opgehoogd moet worden in verband met de grondslag zijn er kansen om die hoogteverschillen iets te dramatiseren en bijvoorbeeld woningen op terpen te leggen, en zo een bijzondere woonomgeving te maken.

De afstroming van het regenwater over de verharding moet wel gericht worden naar de voorziening.

Een andere mogelijkheid is een voorziening waarbij onder de berging een drain is aangebracht die afgesteld is op een bepaalde afvoer.

Dit is te zien als een mengvorm van het natte en het droge systeem, wat ook aangeeft dat er tussen de twee uitersten voor iedere situatie een goede oplossing te ontwerpen is.

Dimensionering

Globale kengetallen op masterplanniveau:

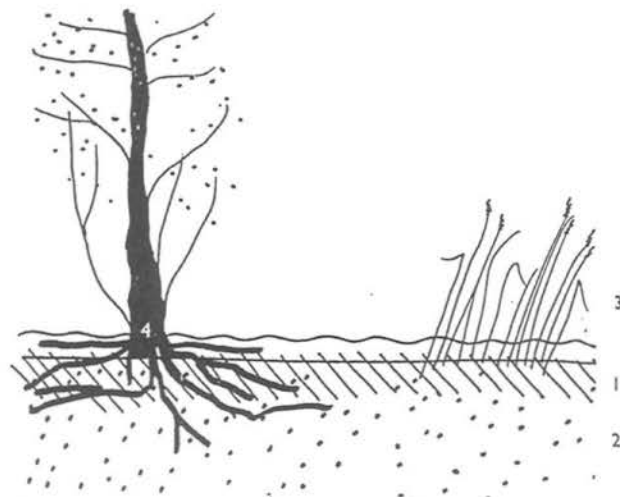
- buffervoorziening (berging): 9% van het woongebied*
- waterlopen: 1%
- taluds: 1,5%

Aan de hand van voorbeelduitwerkingen wordt de dimensionering verder uitgewerkt.

* dit blijkt meestal neer te komen op 16 à 17 % van het verhard oppervlak

9.2 Zuivering

Omdat het regenwater in de natte laaggelegen gedeeltes niet in de bodem geborgen kan worden, is gekozen voor berging in het oppervlaktewater. Regenwater doet op zijn weg naar het oppervlaktewater allerlei verontreinigingen op, waardoor rechtstreekse lozing op het oppervlaktewater ongewenst is. Er is dus een zuiveringsstap ingebouwd in de vorm van een bassin of een zeer drasse plek, waar het water tot rust komt. Doordat slibdeeltjes er bezinken en er door biologische processen voedings- en andere stoffen aan het water onttrokken worden (omgezet worden), treedt een kwaliteitsverbetering op. Mogelijk vervullen elzen een bijzondere zuiveringsrol door in hun wortelzone onder andere PAK's om te zetten. Deze veronderstelling wordt momenteel onderzocht en is nog niet bevestigd. Ook de rol die elzen spelen in de stikstofhuishouding van de bodem verdient aandacht.



9.3 Plaats en soort zuivering

1. versnelde mineralisatie, activering microorganismen, sedimentatie slib gebonden stoffen
2. adsorptie aan de bodem
3. opname voedingsstoffen door planten
4. omzetting PAC's door elzen

9.3 Berging

Berging vindt plaats in het oppervlaktewater, maar door het inbouwen van een zuiveringsstap voordat het water in het oppervlaktewater komt, moet een groot deel van de bergingscapaciteit al gerealiseerd worden in de zuiveringsplaats (piekberging).

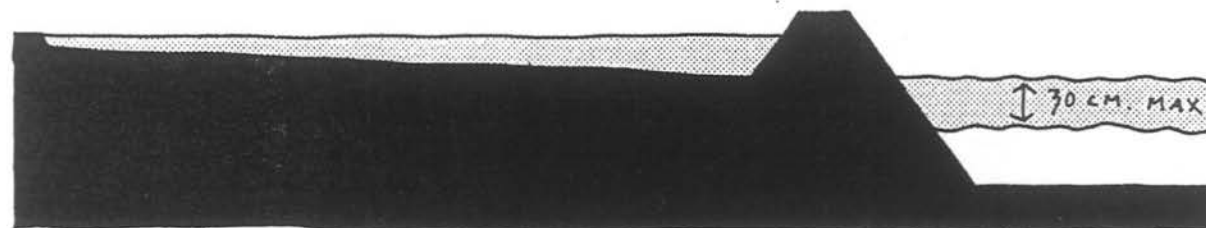
De dimensionering is afhankelijk van de hoeveelheid aangekoppeld oppervlak, ledigingssnelheid van de voorziening, en doorlatendheid van de bodem (kleibodems kunnen veel water opnemen, maar slechts zeer langzaam).

Omdat de lediging controleerbaar en voorspelbaar moet zijn, is het wenselijk de overgang naar open water op één of enkele punten te concentreren.

De lediging moet niet te snel plaatsvinden, om de zuiverende processen de kans te geven hun werk te doen; gedacht wordt aan een ledigingstijd van 36 tot 48 uur.

De dimensionering van de voorziening hangt af van het aangekoppelde verharde oppervlak, en van de afvoercapaciteit. De afvoercapaciteit zal ca. 1,6 tot 1,8 liter per seconde per hectare bedragen.

Bij een nat systeem met drain vindt een klein deel van de berging ook in de bodem plaats.



9.4 Principeddoorsnede berging



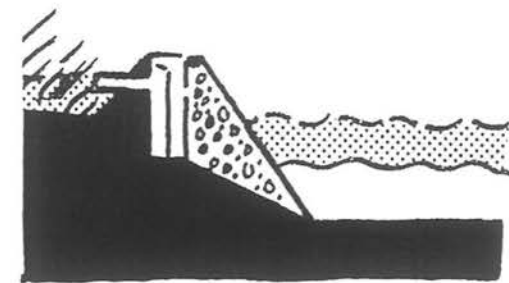
9.5 Mogelijk beeld van een natte voorziening



9.6 Mogelijk winterbeeld van een natte voorziening

9.4 Regelbare afvoerconstructie (rac)

Het verdient aanbeveling om op één of enkele punten de overgang te maken van voorzuivering / berging naar open water. De zuivering functioneert het beste als de hoeveelheid water gereguleerd weg kan stromen, omdat een bepaalde verblijftijd in het bassin geregeld kan worden. Dat regelen vindt plaats in de regelbare afvoerconstructie, zie doorsnede. Deze constructie kan ingebouwd worden in de kade langs de voorziening, en is dan onzichtbaar. De constructie functioneert ook als slibvang en als nooduitlaat.



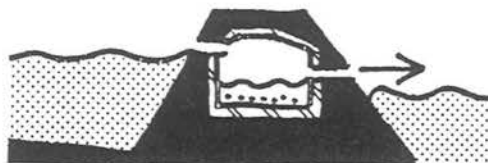
9.7 Regelbare afvoerconstructie

9.5 Slibvang

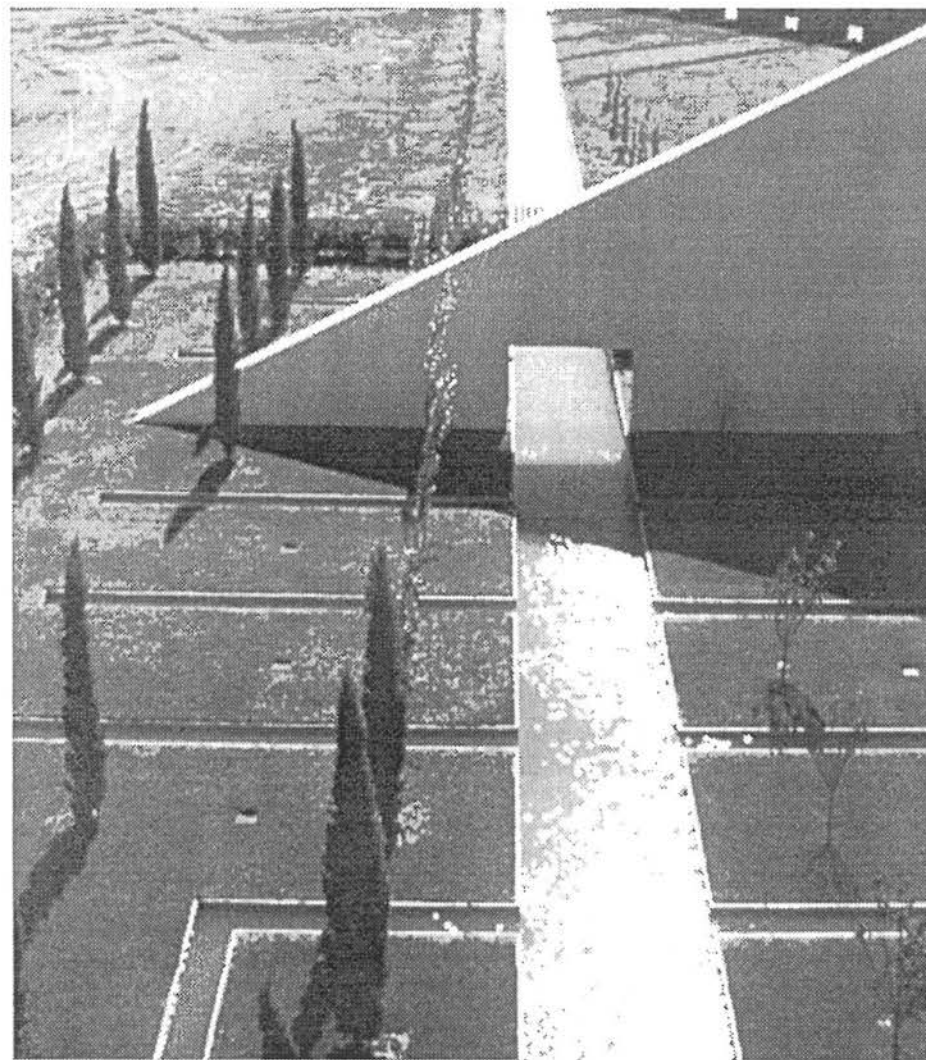
Als de overgang van voorziening naar open water op een punt plaatsvindt is een grote winst in waterkwaliteit te behalen als er een slibvang geplaatst wordt. Ook in het beheer van de waterbodems scheelt dat aanzienlijk. Voor een slibvang geldt hetzelfde als voor een zandvang: makkelijk bereikbaar en goed te legen.

De slibvang kan ook een droge voorziening zijn, waarbij het water over een begroeid oppervlak wordt geleid voordat het in het open water komt.

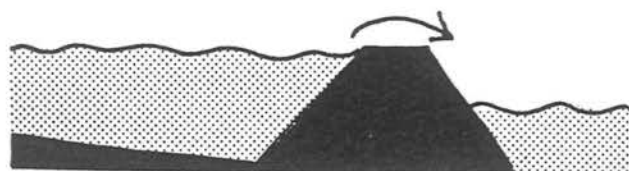
Als gebruik gemaakt wordt van een regelbare afvoerconstructie fungeert deze tevens als slibvang.



9.8 Doorsnede van een slibvang ingebouwd in een kade



9.9 Mogelijk beeld van een meer stenige natte voorziening



9.10 Doorsnedes van de diverse oplossingen

9.6 Nooduitlaat

Als een voorziening meer water aangeboden krijgt dan er verwerkt kan worden, treedt de noodoverlaat in werking zodat overlast tot een minimum beperkt blijft.

Mogelijke toepassingen zijn:

- gewone overlaat op open water (let op vergunningsplicht)
- overstromen van een kade rechtsreeks in het open water
- nooduitlaat door de kade vergelijkbaar met een paddegoot in een dijk
- speciale voorziening, gecombineerd met slibvang

9.7 Voorbeelduitwerkingen

Twee situaties zijn uitgewerkt, een vlak- en een lijnvormige voorziening, in een gefinancierde bebouwde omgeving. Ze zijn geïnspireerd op bestaande recente ontwerpen van ondermeer de bureau's Quadrat en Mecano. De dimensionering van een natte voorziening wordt eerst in het algemeen besproken, daarna volgen de voorbeelden. Bepaling van de dimensionering van een berging en voorzuivering in het natte systeem.

In hoofdlijnen bestaat de berekening uit het bepalen van de te bergen hoeveelheid regenwater per oppervlakte-eenheid aan de hand van regenduurlijnen, het bepalen van de hoeveelheid verhard oppervlak wat afgekoppeld kan worden, het bepalen van de afvoer uit de voorziening, en de beschikbare oppervlakte voor de voorziening. Uit deze gegevens wordt de meest gewenste oplossing gedestilleerd.

De rekenmethode die gebruikt wordt is dezelfde als die voor een infiltratievoorziening, met de aanpassing dat k , de doorlatendheid van de bodem, op nul wordt gesteld. In de natte gebieden kan de bodem door z'n samenstelling en door de hoogte van het grondwater nagenoeg geen extra water opnemen. Daarnaast wordt p , de porositeit, op 1 gesteld, het substraat waar de berging in plaatsvindt is immers de open lucht en die kan 100% verplaatst worden door water.

Voor een uitgebreidere bespreking van de methode zie paragraaf 8.11, en de bijlage.

Er is een ruime hoeveelheid open water in het lage gebied. De bebouwing die als voorbeeld is gebruikt, is in de nabijheid van open water gesitueerd.



9.11 Bergingsmogelijkheid in een griend met een ondergroei van brandnetel

Vlakvormige natte voorziening

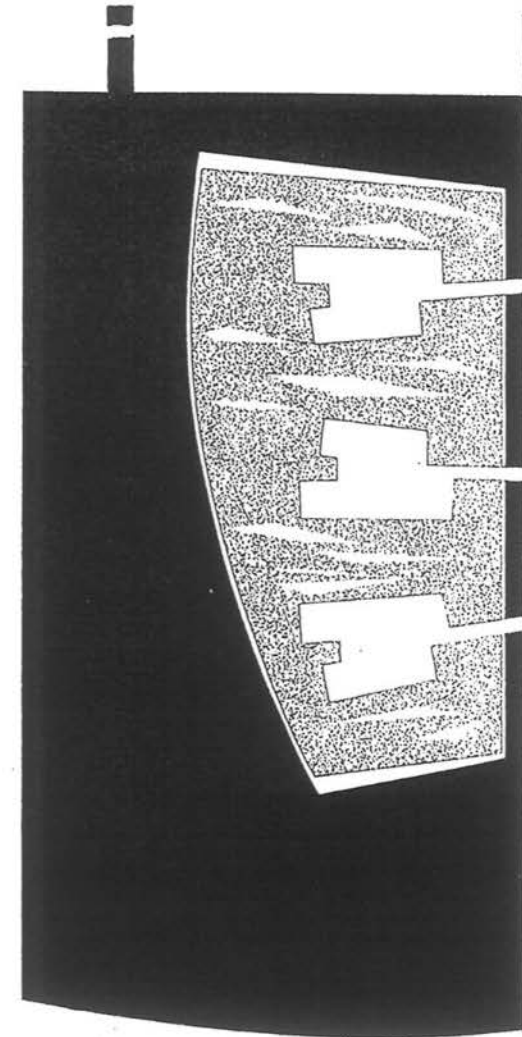
Als voorbeeld is een aantal losstaande gebouwen getekend, in een groene ruimte. Het ontwerpidee is om deze grote groene ruimte te gebruiken als berging en zuivering, en een bepaalde textuur in het groen te verkrijgen door de combinatie van eisen aan berging en beplanting, bijvoorbeeld met hakhoutvelden / grienden.

De gradient droog-nat wordt zowel uit esthetisch als ecologisch oogpunt beaccentueerd, er worden hogere plekken gemaakt, die niet onder zullen lopen. In de droge situatie zullen ze niet speciaal opvallen, maar innundatie van het terrein zal een transformatie brengen, waarbij ze als eilanden in het water komen te liggen. In de zone waar de wisseling van nat naar droog het meest zal optreden is extra bodemfauna te verwachten. Hier zullen weer vogels opafkomen, die van de eilanden levendige plekken maken.

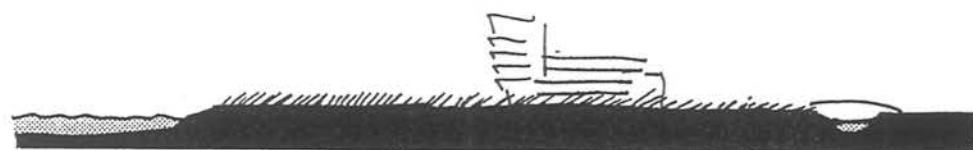
Het verharde oppervlak bestaat 4500 m², het zuiverings en bergingsoppervlak binnen de kade bedraagt 22.000m². Maximale afvoer is 1,6 liter per seconde per hectare. Er is een overschrijdingstijd van 2 jaar genomen, en een ledigingstijd van bijna 2 dagen. De hoeveelheid berging die nodig is is 115 m³. Bij gebruik van het hele oppervlak als berging zal er bij een maatgevende bui een laagje water van 0,5 cm staan.

Het is mogelijk om een veel groter verhard

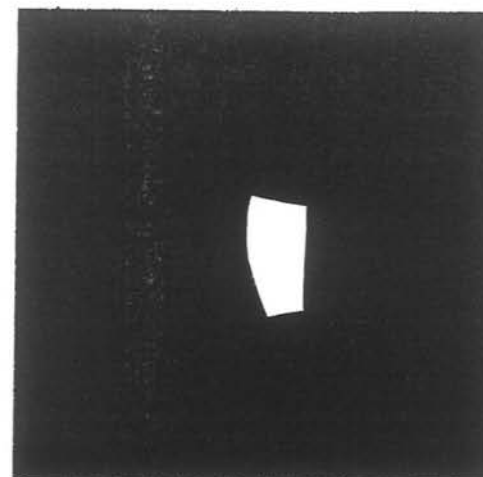
oppervlak te koppelen aan deze berging. Uit ecologische overwegingen is de maximale gewenste fluctuatie 30 cm. Er kan dan nog ruim 25 hectare verhard oppervlak aangekoppeld worden. Deze hoeveelheid zal worden aangepast aan de mogelijkheden van de aanvoer van het water. Transport op maaiveld wordt gecompliceerd boven een afstand van 200 meter, ondergronds zijn langere afstanden mogelijk.



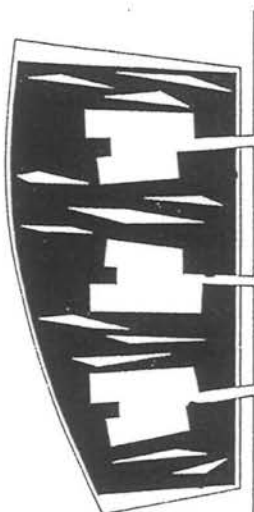
9.12 Situatieschets



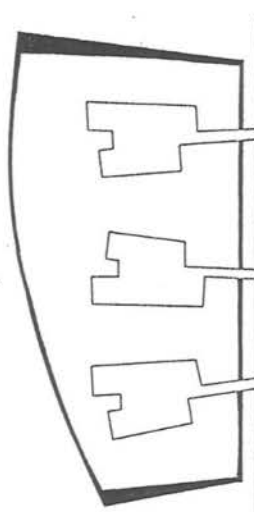
9.13 Doorsnede



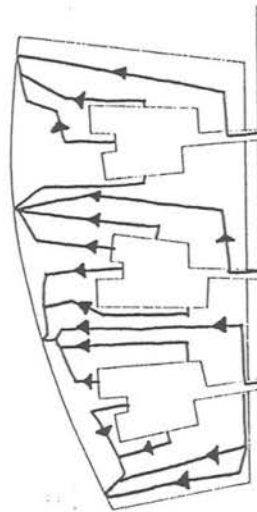
9.14 Aan te koppelen oppervlak ten opzichte van de bergingscapaciteit: ca. 25 hectare



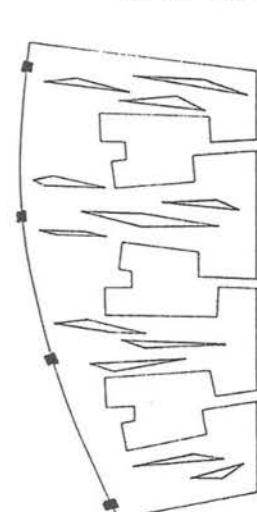
9.15 Berging en zuivering



9.16 Kade



9.17 Stroomrichting



9.18 R.a.c's



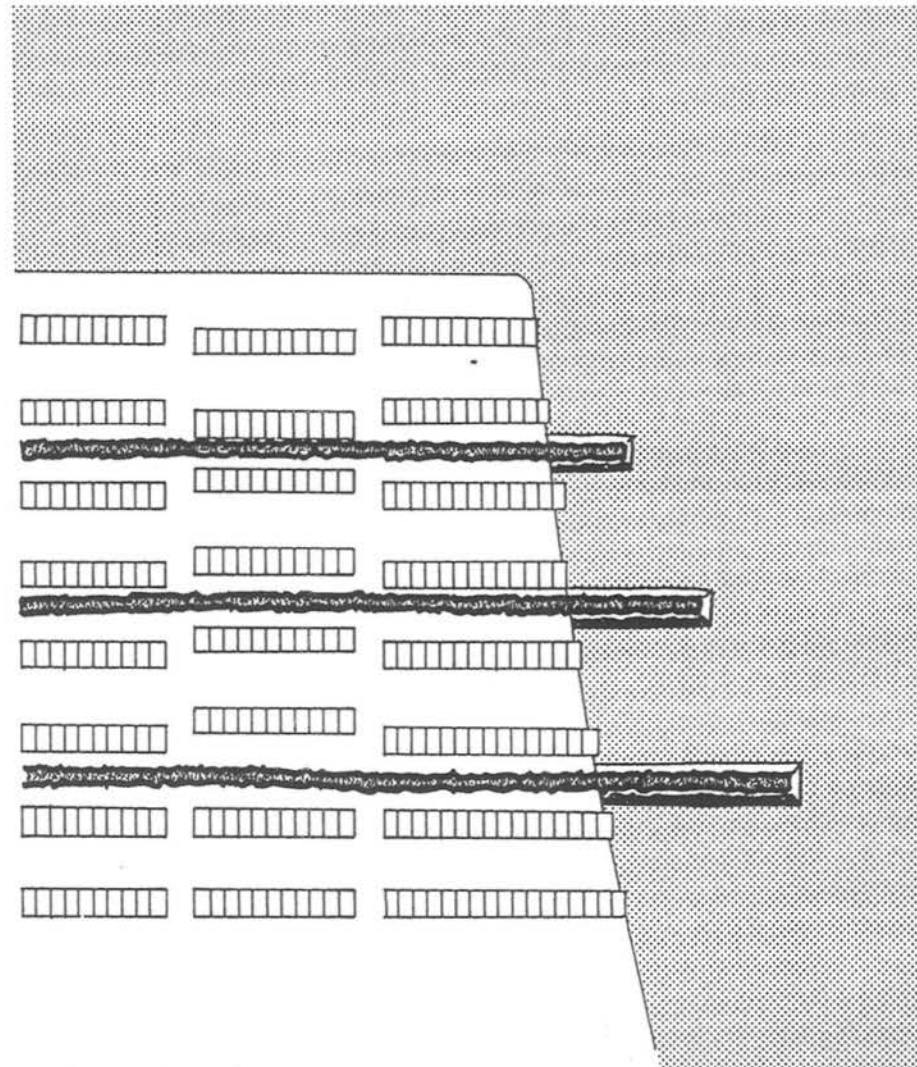
9.19 Vogeleilandjes

Lijnvormige natte verbinding

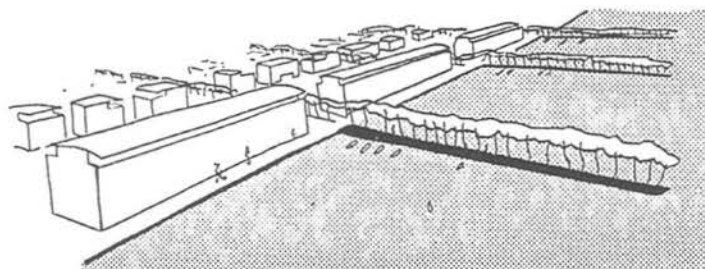
Lange smalle stroken groen liggen op regelmatige afstanden tussen rijen woningen. De stroken steken ver het water in, en zijn als kades recreatief te gebruiken. De voorziening bestaat vooral uit berging, met een langzame afvoer waardoor het regenwater 2 dagen in de voorziening blijft, en door biologische activiteit gezuiverd wordt.

De breedte van de berging is 10 meter, de lengte ongeveer 200 meter, de maximale berging is 30 centimeter hoog (in verband met de ecologische waarde van de oeverzone is een groter fluctuatie niet gewenst). Naar keuze kan de voorziening permanent watervoerend zijn, en wordt in de dimensionering daarboven 30 centimeter berging gereserveerd.

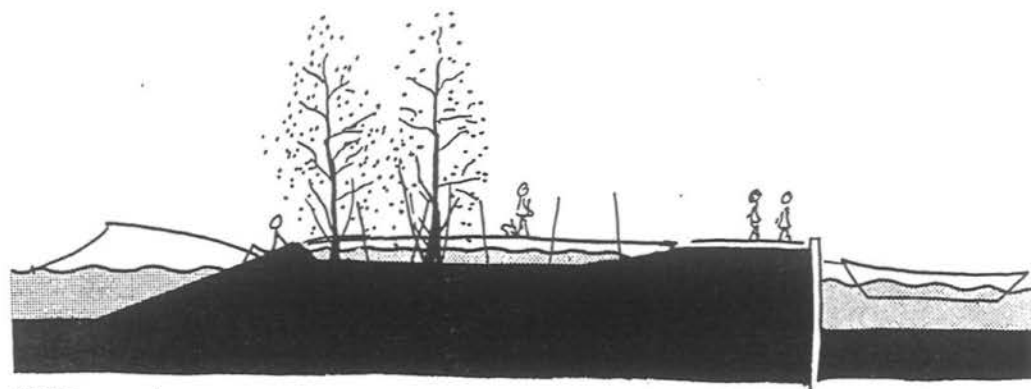
De oppervlakte die deze berging kan verwerken is 11.700 m² verhard oppervlak, wat bij een verhardingspercentage van 60% neerkomt op ruim 18.500 m². Langs de lengte van de voorziening kan dan aan weerszijde een strook van 45 meter aangesloten worden.



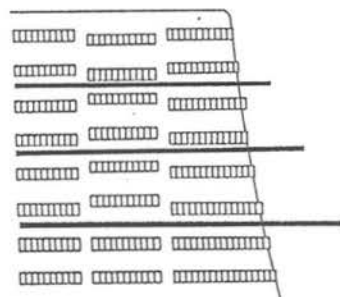
9.20 Situatieschets



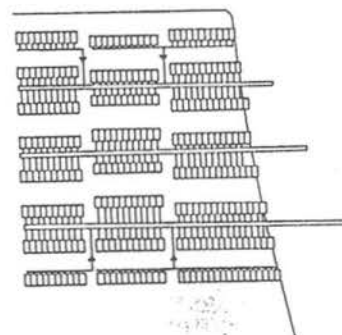
9.21 Aanzicht



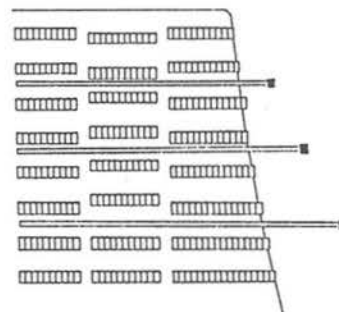
9.22 Doorsnede



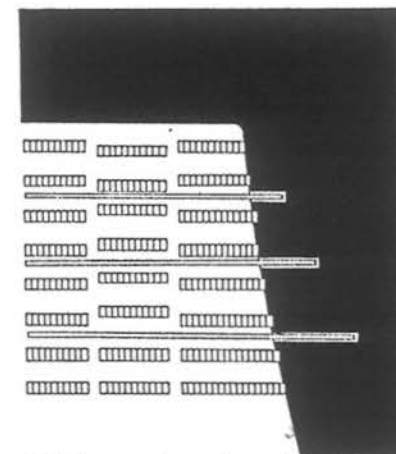
9.23 Zuiveringscomponent



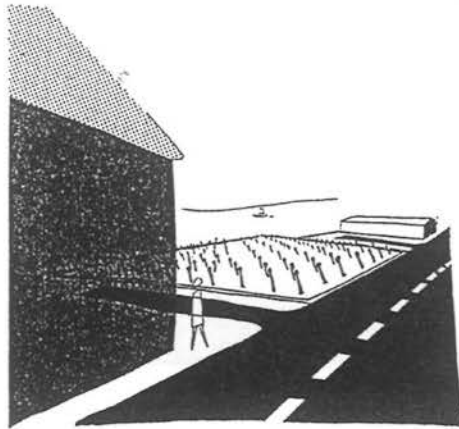
9.24 Transportstelsel



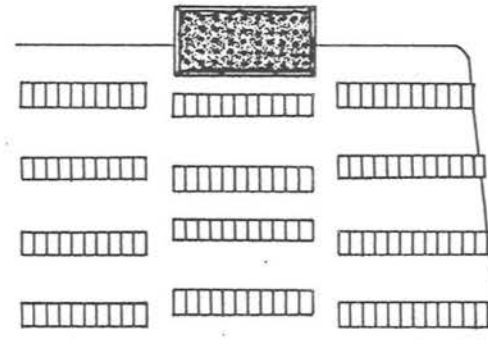
9.25 R.a.c.



9.26 Open water: seizoensberging



9.27 Aangezicht

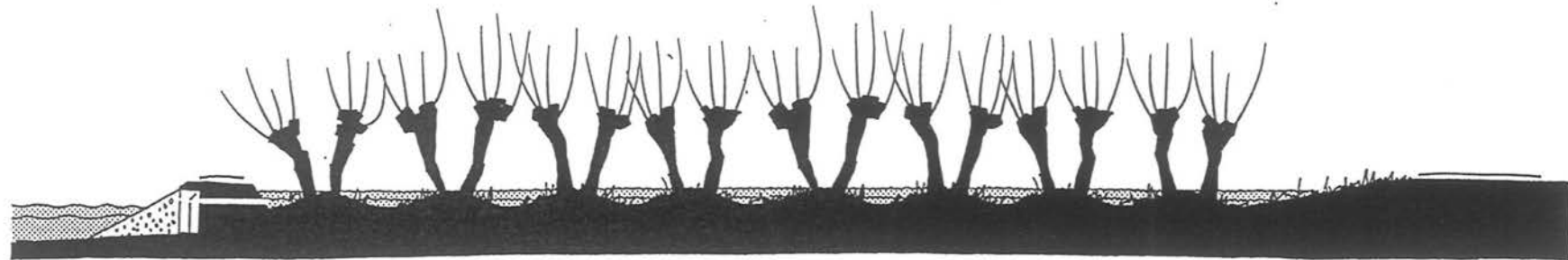


9.28 Situatieschets

Variaties op een thema

Met gebruikmaking van dezelfde ingrediënten zijn verschillende ruimtelijke effecten te bereiken. De twee navolgende situaties met toelichtende schetsen zijn niet doorgerekend op de hoeveelheid regenwater cq. verhard oppervlak die zij kunnen verwerken.

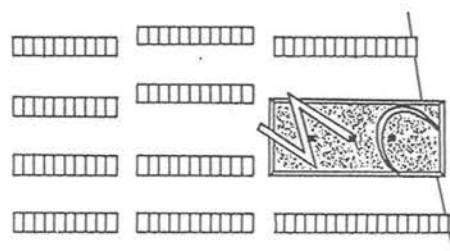
In de eerste situatie is de berging gesitueerd op de overgang van de bebouwing naar het water. Het is een vlak, uitgevoerd in rabatten, hoge en lage delen wisselen elkaar ritmisch af. Op de hoge delen staan rijen knotbomen, elzen, wilgen of essen zijn geschikt, afhankelijk van de grondwaterstand en de innundatiefrequentie. Het vlak is door een kade gescheiden van het open water. De kruidige ondergroei die op zal treden is afhankelijk van de vochtigheid en het beheer (zie hst 10).



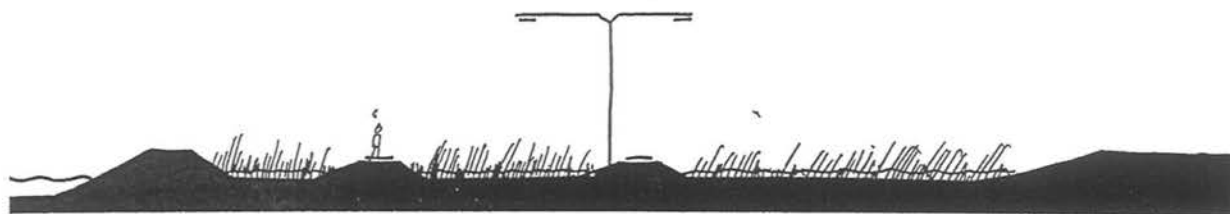
9.29 Doorsnede

De tweede situatie is een vlak, gesitueerd op de overgang van de bebouwing naar het open water. Hier is in het vlak met lage kades en lage vegetaties een rijkdom aan milieu's gemaakt. Een maaifrequentie van 3 keer per jaar geeft een zee van bloemen, zonder dat brandnetels de kans krijgen.

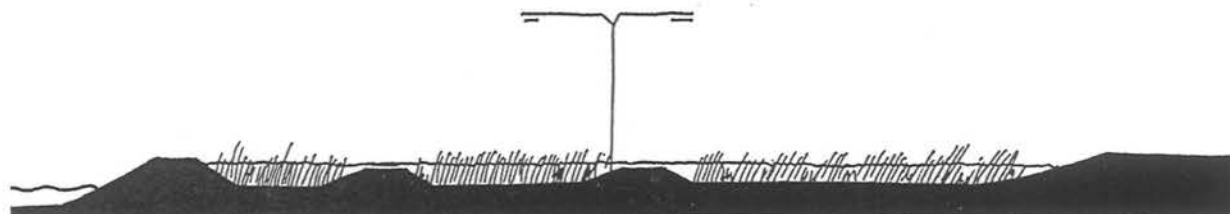
Bij droog weer is het hele terrein toegankelijk, na een stevige bui vallen de kades als eerste droog, zodat er weer over gewandeld kan worden. In de winter, bij vriezend weer kan het water opgezet worden, en is het één van de eerste ijsbanen die dicht ligt.



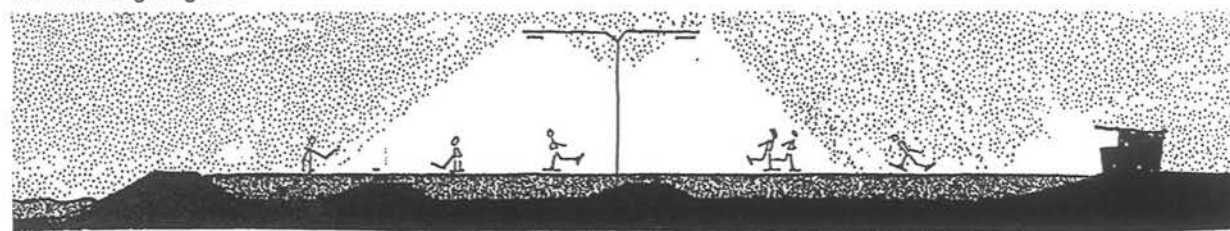
9.30 Situatieschets



9.31 Bij droog weer



9.32 Na hevige regenval



9.33 Schaatsen



10.1 Hakhout lijkt zich goed te verenigen met het bergen van regenwater

10 VEGETATIE EN BEHEER

Om meer inzicht te krijgen in de mogelijke begroeiingstypen en het beheer daarvan is een beschrijving van de milieu-omstandigheden van zowel de infiltratievoorziening als de berging noodzakelijk. Het blijkt dat de gebruikte constructie en materialen alsmede het gekozen beheer van grote invloed zijn.

De dubbelfunctie van openbaar groen met infiltratie (droge systeem) of berging en zuivering (natte systeem) geeft een grotere dynamiek in de nat en droog verschillen, dan in een gebruikelijke situatie. Deze grote dynamiek kan in principe tot twee heel verschillende vegetaties leiden, waarmee verschillende mogelijkheden voor het medegebruik samenhangen, namelijk een

groen element te laten verruigen, of het beheer juist te intensiveren:

- een verruiging, waarmee het medegebruik vrij beperkt wordt, maar die ook weinig eisen stelt aan onderhoud. Het functioneren in het watersysteem is onveranderd, de betekenis in openbaar groen is beperkter, wel een groenbuffer, een interessant kijkobject (vlinders, vogels, kleine zoogdieren, bloeiende planten), een uitdagende speelplek, maar geen parkachtige omgeving, en geen intensieve speelvoorziening. Dit sluit aan bij de trend naar een ecologischer groenbeheer, die mede onder andere druk van budgetbeperkingen waarneembaar is.
- een intensivering van het gebruik, dat ook een intensivering van het beheer inhoudt, met name het veelvuldig maaien, waarbij

de verruiging teruggedrongen wordt.

De ritmiek van het onderhoud dient afgestemd te zijn op de natheid van het terrein. In een onderhoudscontract wordt een beeld overeengekomen waaraan het groenelement moet voldoen, en het ingehuurde onderhoudsbedrijf voert het onderhoud uit zodat dat beeld tot stand komt, of gehandhaafd blijft. Er ontstaat een grotere flexibiliteit dan bij contracten waarbij bijvoorbeeld een maai frequentie wordt overeengekomen.

Waar dubbelfuncties gewenst zijn tussen openbaar groen en watersysteem, wordt de bandbreedte aan geschikte vegetaties beperkt.

Voor de infiltratievoorzieningen: lage vegeta-

ties die bij beide functies moeten floreren zijn soorten die een hoogdynamisch waterregime verdragen, intensief beheerd kunnen worden, en bestand zijn tegen betreding. Diverse soorten grassen, en ruigtekruiden uit bijvoorbeeld de uiterwaarden komen in aanmerking. Een herwaardering, en extra functie, voor het grasveld. De infiltratievoorziening sec, deel van zo'n grasveld kan gemarkeerd worden door een ander soort en dus kleur gras, door bijmenging met zuring, een biezensoort, of bijvoorbeeld gele lis. Een ontwerpinspanning wordt gevraagd waarbij met deze eenvoudige middelen een sterk beeld wordt geschapen, dat bijvoorbeeld eens per jaar bijzonder vlamt, omdat dan de gele lis bloeit.



10.2 Mogelijke vegetatie van een natte voorziening

Infiltratievoorzieningen die bijzonder zonnig gelegen zijn, zijn als de voorziening bestaat uit grof puin, geschikt voor struiken als de vlinderstruik, of tijm. Het zijn droogte-, zon- en kalkminnaars, en bestand tegen tijdelijke vochtigheid. Hierbij blijkt ook het belang van de dimensionering en uitvoering van de voorziening: een voorziening van grof puin die ruim gedimensioneerd is geeft een milieu dat snel weer droog valt, kalkrijk is, en relatief snel opwarmt. Een krap gedimensioneerde voorziening uitgevoerd in kunststof zal lang watervoerend zijn, geeft (waarschijnlijk!) zeer weinig voedingsstoffen af, en krijgt een zurig milieu.

Voor de ruimte rondom de infiltratievoorziening is het normale assortiment beschikbaar, zowel kruiden als struiken als boomvormers; als die ruimte ook als noodoverlaat moet fungeren, moet nagegaan worden of de soort bestand is tegen die tijdelijke inundaties.

Het is mogelijk aan te sluiten bij de potentieel natuurlijke vegetatie van de stroomrug (met name de storingsvegetaties), en daar een selectie uit te maken die beantwoordt aan het beeld dat men wil scheppen. Het milieu van de infiltratievoorziening zal het hele jaar door een aantal malen onder water komen te staan door aanvoer van al dan niet verrijkt regenwater (hondepoep etc). Door de ondergrondse berging zal na maximaal 2 dagen het maaiveld weer drooggevalen zijn.

Hierdoor ontstaat er een storingsmilieu, met stikstofminnende soorten. Zeldzame plantensoorten zijn niet te verwachten.

Ook zijn er veel verschillende exoten toepasbaar, als men juist wil afwijken van het natuurlijke beeld zoals bijvoorbeeld *Taxodium*, de moerascipres, of *Gunnera tinctoria*, (een vaste plant met reuze bladeren). De omstandigheden boven een infiltratievoorziening, een zeer goed gedraineerde, enigszins zandige afdekkende bodemlaag, zijn uitstekend geschikt voor bolgewassen, zowel de gecultiveerde als de botanische.

Er zal geleidelijk een verschuiving in het aanbod optreden. De selectie van soorten en variëteiten die op de markt komt is doorlopend aan een langzame verandering onderhevig, en met de trend naar een ecologisch gemeentelijk groenbeheer komen weer wat robuustere soorten in beeld, inheems en gebiedsspecifiek, aangepast aan de abiotische ondergrond.

Het natte systeem vraagt soorten die afhankelijk van de plek en de organisatie van de bergings- en zuiveringsvoorziening, bestand zijn tegen waterdynamiek en innundaties.

Afhankelijk van de constructie is dat een permanent 'waterbevattend' moerassige situatie, of een droogvallend moerassige situatie.

Hierdoor is een breder scala aan

plantengemeenschappen denkbaar.

In het eerste geval komen planten in aanmerking van de plas-dras situaties in (matig) voedselrijke zwak zure wateren, in het tweede geval komen planten in aanmerking van (matig) voedselrijke zwak zure oevers. Soorten van nattere situaties zoals: Kalmoes, gele plomp, liesgras, riet, kikkerbeet en grote egelskop, de zwarte els, en een aantal wilgesoorten. Soorten van iets drogere milieu's als: gele dotter, grote lisdodde, gele lis, kattestaart, valeriaan, harig wilgeroosje en koninginnekruid, gelderse roos, hop, zwarte els, wilg en gewone es.

Ook hiervoor geldt dat zeldzame soorten een lage overlevingskans hebben.

Hakhout is een cultuurvorm die goed aansluit bij de eisen die aan een regenwaterberging gesteld worden, beter dan bijvoorbeeld bos. Een hakhoutveld of griend kent een hoge dynamiek in de omzetting van voedingsstoffen. Dit is in een berging die een geregelde afwisseling kent van een natte en een droge situatie, en waar voedselrijk water aangevoerd wordt, ook het geval. Nadat een veld teruggezet is (gesnoeid tot op de stam of stobbe) zijn de omstandigheden voor de kruidlaag extreem veranderd, bijvoorbeeld veel meer licht en warmte toetreding, maar ook veel snellere afkoeling, en meer invloed van wind, waardoor andere soorten een kans krijgen. Het terugzetten kan naar keuze in verschillende frequenties gebeuren, iedere 3

tot 10 jaar, afhankelijk van het beeld dat men wenst, van het hout dat men wil oogsten, en afhankelijk van de draagkracht van de stam of stobbe.

Bij deze milieumomstandigheden horen, met name in en rond de oudere stobben, ook een rijke verscheidenheid aan mossen en insecten. De combinatie van hakhout of griend en berging van regenwater geeft een mogelijkheid een steeds meer verdwijnende cultuur vorm in ere te herstellen. Soorten die zich goed laten knotten zijn els, wilg en es.

De els

In de natte voorziening is de zwarte els een goed toe te passen soort. Mede vanwege de mogelijkheid dat de els een speciale functie kan vervullen in de zuivering van het water, is er in deze studie extra aandacht naar uitgegaan. De els is geen alledaagse verschijning in een stedelijke omgeving. Hij voldoet bijvoorbeeld niet aan het beeld dat we van een straat- of laanboom hebben.

De els kan als boom flink uitgroeien als de grondwaterstand 'laag' staat (dieper dan 20 cm. onder het maaiveld) hij kent dan een flinke bladval, die zeer stikstofrijk is, en die snel een stevige ondergroei geeft van brandnetels. Bij een hoge grondwaterstand blijft het een struikvorm, en is de stikstof dynamiek meer bescheiden. Om de els tot z'n recht te laten komen in een stedelijke omgeving zijn er verschillende mogelijkheden, zie bijgaande schetsjes.



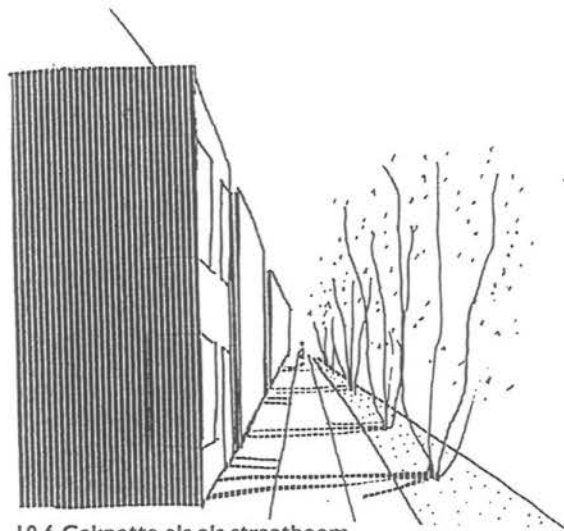
10.3 Lijnvormig en ijl, als een vitrage, een elzensingel in een natte voorziening



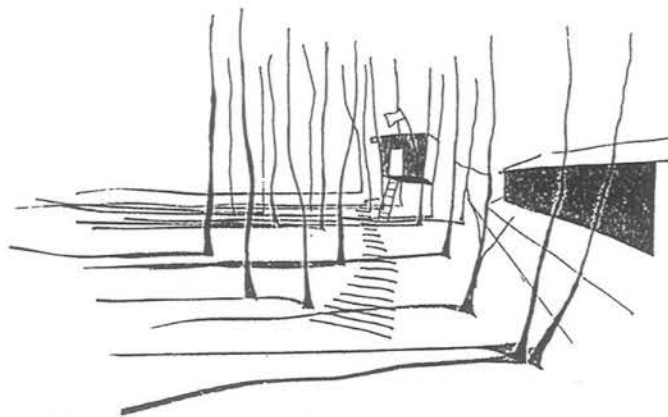
10.4 Een vlak met een hakhout akker, eventueel gemengd met es en wilg.



10.5 Een elzenbroekbosje



10.6 Geknotte els als straatboom



10.7 Speelhut in natte voorziening

Voor alle drie geldt dat er door combinatie met andere soorten extra sierwaarde kan worden verkregen. Het zoeken is naar soorten die de inundatie verdragen, in voedselrijke omstandigheden leven, en door groeivorm of kleur iets toevoegen. Te denken valt aan bol of knolgewassen zoals daslook, irissen, klimplanten (in een kunstmatige steun of in de boomvormers) en kruidachtigen met uitbundige bloei, zoals kattestaart en koninginnekruid.

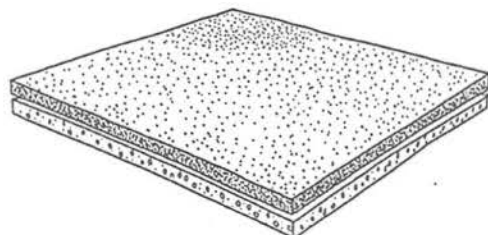
Verschillende ondersoorten van de els hebben verschillende verschijningsvormen, misschien is er wel een De Meernse variant die toegepast kan worden.

10.2 Samenwerking tussen verschillende diensten

Een consequentie van de nieuwe situatie waarin het stedelijk groen ook een functie vervult bij de civiel technische beheersing van regenwater, is dat ook het beheer in een nieuwe situatie komt te verkeren. Verschillende doelen moeten worden gediend, iedere discipline stelt zijn eigen eisen.

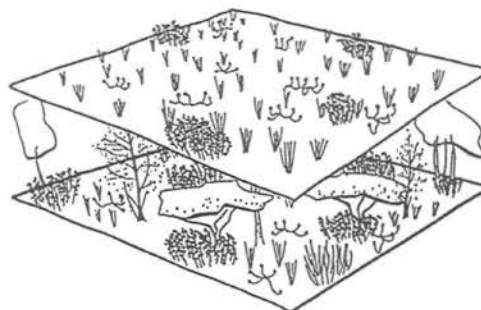
Op dit vlak moet een nieuwe samenwerking ontwikkeld worden, en er moeten afspraken worden gemaakt over de verdeling van verantwoordelijkheden en beschikbare gelden tussen de verschillende gemeentelijke diensten.

10.3 Te ontwikkelen milieu's, droge voorziening, afgedekt met teelaarde



10.8 Basissituatie: afdekkende laag van teelaarde

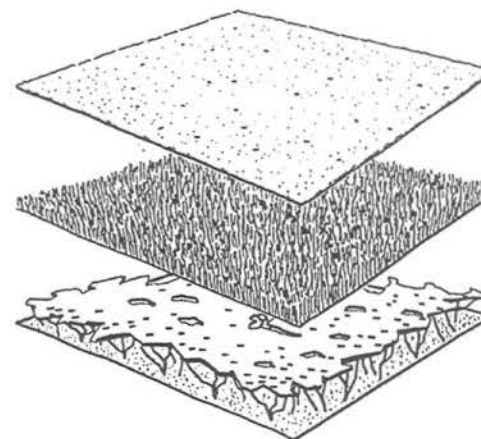
Het materiaal van het ondergrondse infiltratiegedeelte kan puingranulaat, grind, kleikorrels of een kunststof zijn, ingepakt in geotextiel. De afdekkende laag bestaat uit teelaarde, met een voldoende grote zandfractie om de doorlatendheid te waarborgen. De waterstand fluctueert in het gedeelte op maaiveld, en er wordt voedselrijk water aangeboden. Dit resulteert in een zwak zuur dynamisch milieu.



10.9 Eerste en tweede fase zonder beheer

Als er niet wordt beheerd is de potentieel natuurlijke vegetatie in de eerste fase een combinatie van brandnetels, pitrus, kruipende boterbloem, wilgenroosje en verschillende grassen.

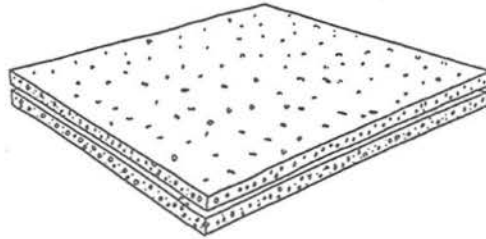
In de tweede fase, als boomvormers tot groei zijn gekomen, kunnen vlier, zachte berk, els, boswilg, hop, framboos, braam, kruipend zenegroen, en bijvoorbeeld hondsdrif worden aangetroffen.



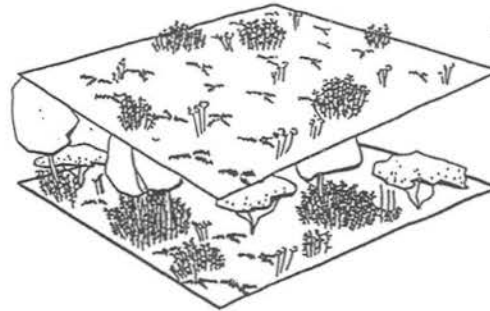
10.10 Ruw grasveld, bloemrijk grasland en vlierbos

Als geen beheer wordt toegepast wordt in de tweede fase het functioneren van de voorziening ernstig belemmert. Beheer is dus noodzakelijk. Er zijn verschillende soorten beheer te kiezen, die ieder een andere vegetatie en een ander beeld opleveren. Door 12 maal per jaar te maaien ontstaat een ruw grasveld, met madeliefjes. Drie maal maaien per jaar laat een bloemrijk grasland ontstaan. Een vlierbos (met speciale grootschermige bloei) geeft een geheimzinnige donkere binnenwereld. Een aantal vlierstruiken moet geplant worden, dan verspreidt het zich verder.

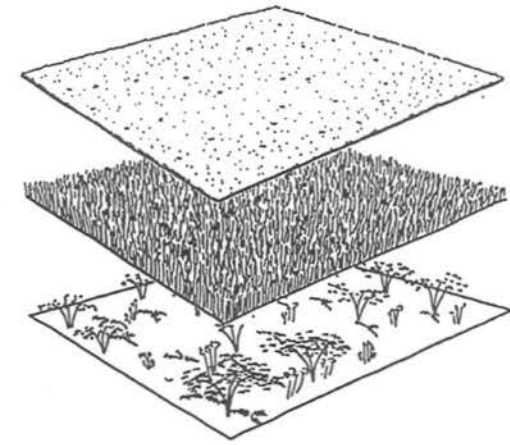
Te ontwikkelen milieu's, droge voorziening, afgedekt met puingranulaat



10.11 Afdekkende laag van puingranulaat



10.12 Eerste fase en tweede fase zonder beheer



10.13 Ruw grasveld, bloemrijk grasland en vlinderstruiken

Het materiaal van het ondergrondse infiltratiegedeelte is puingranulaat, ingepakt in geotexiel. De afdekkende laag bestaat ook uit puingranulaat.

Na een regenbui zakt het water snel weg. Het puin houdt lang warmte vast, en geeft kalk af. Dit resulteert in een kalkrijk, relatief warm milieu.

Als er niet wordt beheerd kan de potentieel natuurlijke vegetatie in de eerste fase een combinatie van brandnetel, gulderoede en zilverschoon zijn.

In de tweede fase, als boomvormers tot groei zijn gekomen, kunnen vlier, brandnetel en bijvoorbeeld vingerhoedskruid aangetroffen worden.

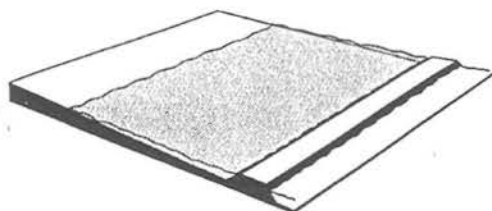
Als geen beheer wordt toegepast wordt in de tweede fase het functioneren van de voorziening ernstig belemmert. Beheer is dus noodzakelijk. Er zijn verschillende soorten beheer te kiezen, die ieder een andere vegetatie en een ander beeld opleveren.

Door 12 maal per jaar te maaien ontstaat een ruw grasveld, met madeliefjes.

Drie maal maaien per jaar laat een bloemrijk grasland ontstaan. Als er niet gemaaid wordt laat de situatie zich enigszins vergelijken met die van spoorterreinen. Door eens in de 2 à 3 jaar kaalslag uit te voeren, de resten af te voeren, en eventueel de bodem op te rullen, ontstaat opnieuw de pionierssituatie.

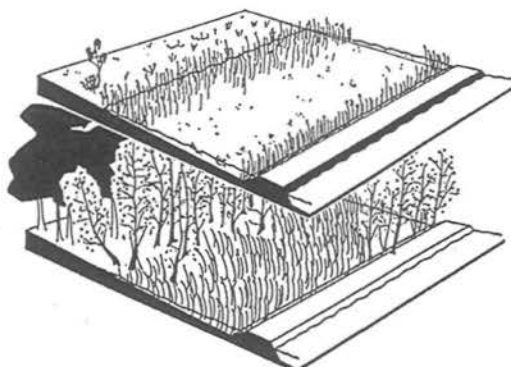
Vlinderstruiken kunnen aangeplant worden, ze trekken een groot deel van het jaar vlinders en insecten aan. Als ondergroei kan wilde tijm, wilde marjolein en bosrank ingezaaid worden.

Te ontwikkelen milieu's, natte voorziening



10.14 Uitgangssituatie met gradiënt in vochtigheid

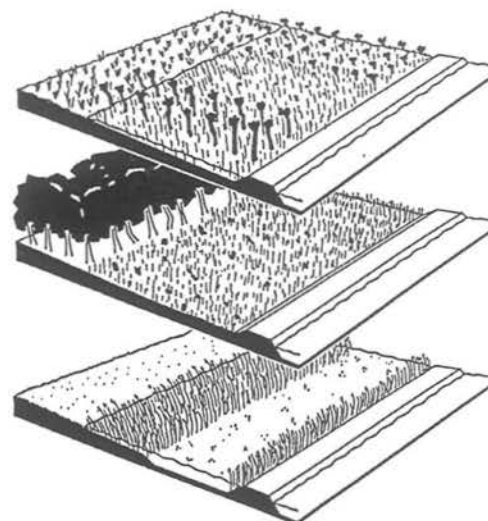
De berging van regenwater wordt op maaiveld geregeld, in een asymetrisch profiel. Doordat de hoeveelheid water varieert, zijn er verschillende zones te onderkennen. Bovenaan bevindt zich een zone die het laatste nat wordt, het eerst droogvalt, of, afhankelijk van de dimensionering, slechts zeer zelden als berging gebruikt wordt. In het middendeel bevindt zich een zone die de meeste wisselingen ondergaat, een dynamisch, gradiëntrijk gedeelte. Het laagste punt is het langste nat.



10.15 Eerste fase en tweede fase zonder beheer

Als er niet wordt beheerd kan de potentieel natuurlijke vegetatie in de eerste fase een combinatie van riet, lisdodde, kattestaart en kroos zijn.

In de tweede fase, als boomvormers tot groei zijn gekomen, kunnen drie zones worden onderscheiden, een hardhoutzone op het hogere deel met eik, es of iep en meidoorn. De zone die langer vochtig blijft ontwikkeld een elzenbroekbos, en in het natste deel ontwikkeld zich een rietvegetatie. Anders dan in de droge voorziening wordt het functioneren van de berging niet belemmerd door doorgroei van de boomvormers. Naast deze mogelijkheid zijn er bijvoorbeeld nog de volgende beheersvormen.



10.16 Verschillende combinaties

Een combinatie van een pitrusveld op het hogere deel, en aflopend naar het natste gedeelte een afwisseling van hoge knotbomen, bloemrijke graslanden, en lage knotbomen.

Een combinatie van hardhoutbos (of het reguliere bosplantsoen) met bloemrijke graslanden met zegges in de nattere delen, als de graslanden 3 maal per jaar gemaaid worden.

Een combinatie van ruwe graslanden (12 maal maaien per jaar) met een bloemrijke rietvegetatie (het riet 's zomers maaien) die overgaat in permanent water met waterplanten.

B I J L A G E

BIJLAGE

De dimensionering bij verschillende omstandigheden

Voor elke voorziening is bij verschillende waarden van de parameters (afwaterend verhard oppervlak, breedte en hoogte van het infiltratiedeel, doorlatendheid van de bodem en porositeit van het materiaal van de voorziening) de bijbehorende dimensionering bepaald.

Deze gegevens zijn samengebracht in grafieken.

De benodigde lengte van de voorziening is bepaald voor verschillende combinaties van:

- afwaterende verharde oppervlakken; tussen de 100 en 2000 m² in stappen van 100 m²
- breedtes van de voorziening; tussen 1,0 en 3,0 m in stappen van 0,5 m
- k = doorlatendheid van de bodem; waarden van 0,5, 1,0, 2,0, 3,0 en 4,0 meter per dag
- hoogte van de voorziening; tussen 0,4 en 1,5 in stappen van 0,1
- p = porositeit; 0,47 (geëxpandeerde kleikorrels) en 0,90 (drainagebox)

Toelichting op het gebruik van de grafieken

De resultaten zijn op een compacte manier gepresenteerd in de grafieken.

Met deze grafieken kan voor elke voorziening en voor elke doorlatendheid van de bodem vanaf $k = 0,5$ op een snelle wijze een redelijk goede schatting worden gemaakt van de benodigde lengte. Op de x-as is de breedte van de voorziening uitgezet en voor verschillende waarden van de hoogte is een bijbehorende factor per oppervlakte-eenheid uitgezet. Door deze waarde te vermenigvuldigen met de grootte van het afwaterend verhard oppervlak kan vervolgens de lengte worden vastgesteld.

Bijvoorbeeld: een infiltratievoorziening van 2 meter breed (dit is het ondergrondse gedeelte) en een hoogte van 0,5 meter moet per m² aangekoppeld oppervlak ongeveer 5,5 cm lang zijn. Voor 500m² aangekoppelde oppervlakte is dat dus $500 \times 0,055 = 27,5$ meter.

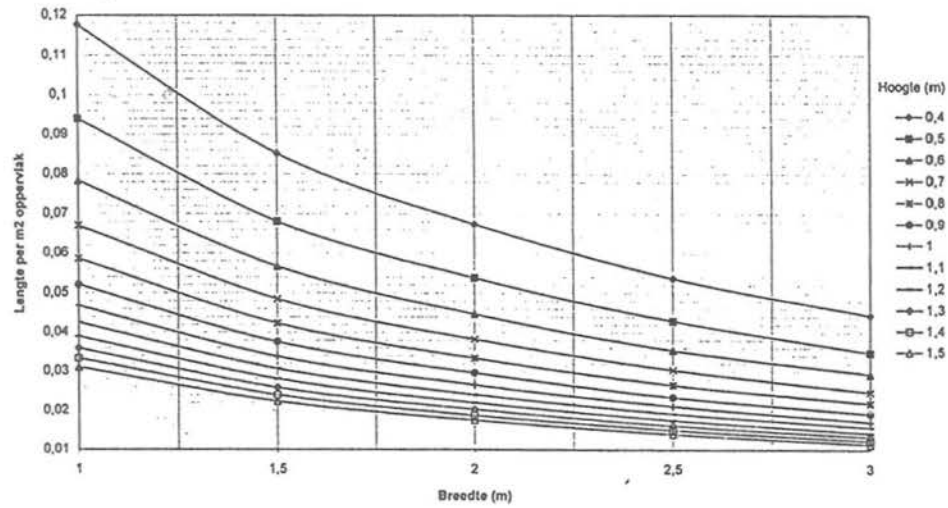
Uit berekeningen van de grootte die een voorziening moet krijgen bij een doorlatendheid van de bodem van kleiner dan 0,5 blijkt dat dat door het ruimtebeslag nauwelijks een realistische optie is in stedelijk gebied. Zie voor de k -waarden en bijbehorende grondsoorten de tabel in hoofdstuk 8.

Bij de grafieken dient opgemerkt te worden dat bij het maken van de berekeningen van de wadi's geen rekening is gehouden met de ledigingstijd. Om te controleren of de ledigingstijd van 48 uur niet overschreden wordt moet naar de gehele set gegevens worden gekeken.

Voorzieningen kunnen ook anders dan met de hier gedane aannames gemaakt worden. Bijvoorbeeld smaller dan 1 meter, of breder dan 3 meter. Of met een herhalingsstijd van 5 jaar, of met een veel groter aangekoppeld oppervlak. Ook dan is de dimensionering te berekenen. Het verdient geen aanbeveling de grafieken ver buiten de kaders te extrapoleren.

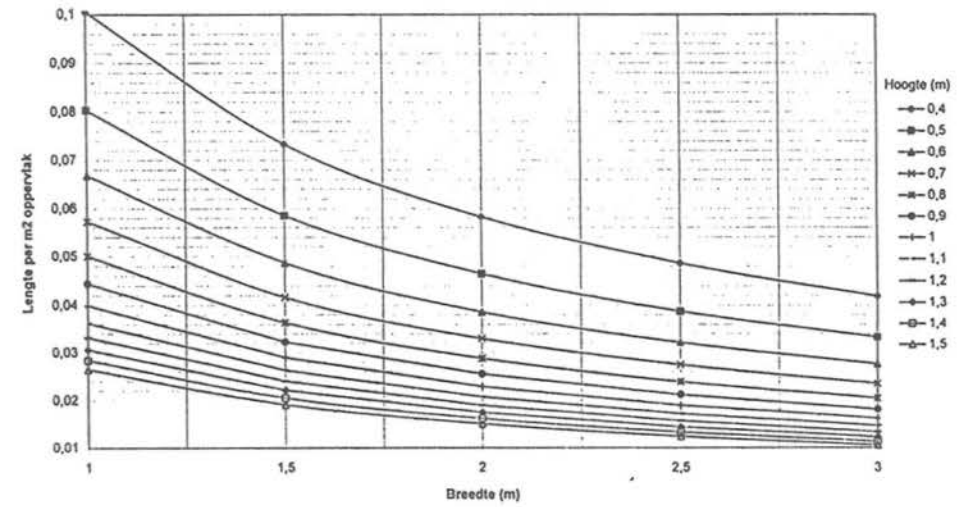
INFILTRATIEVOORZIENING

$k=0,5 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2 \text{ j}$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



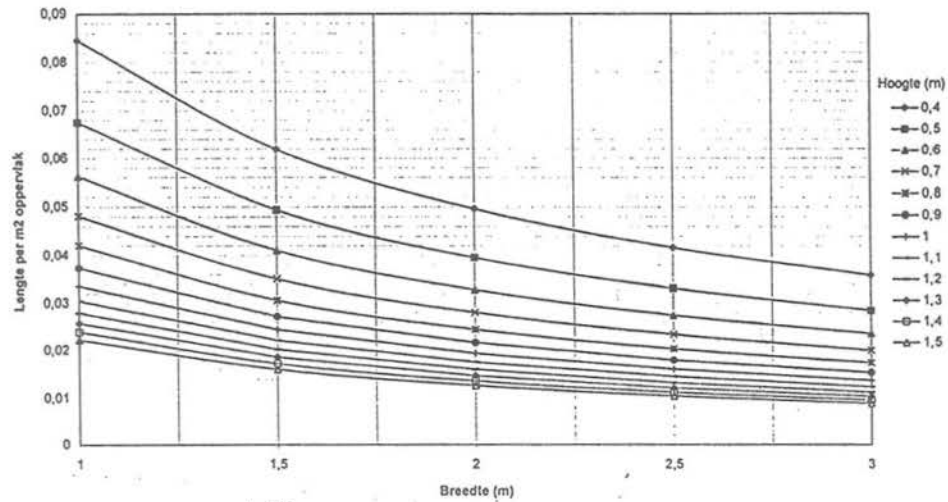
INFILTRATIEVOORZIENING

$k=1,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2 \text{ j}$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



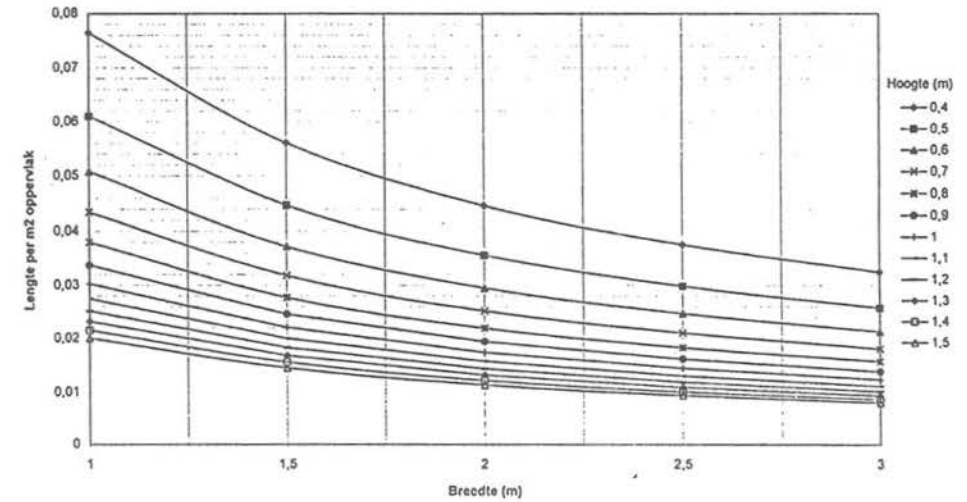
INFILTRATIEVOORZIENING

$k=2,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2 \text{ j}$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



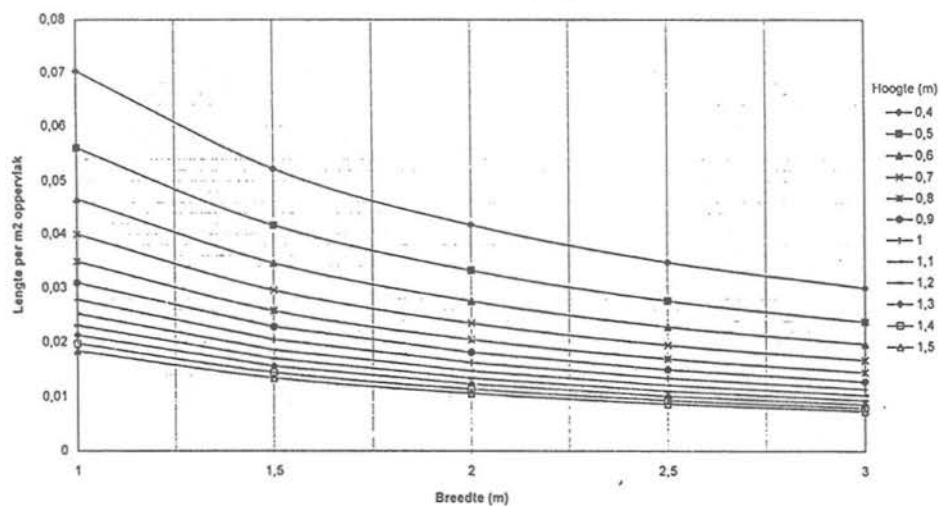
INFILTRATIEVOORZIENING

$k=3,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2 \text{ j}$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2

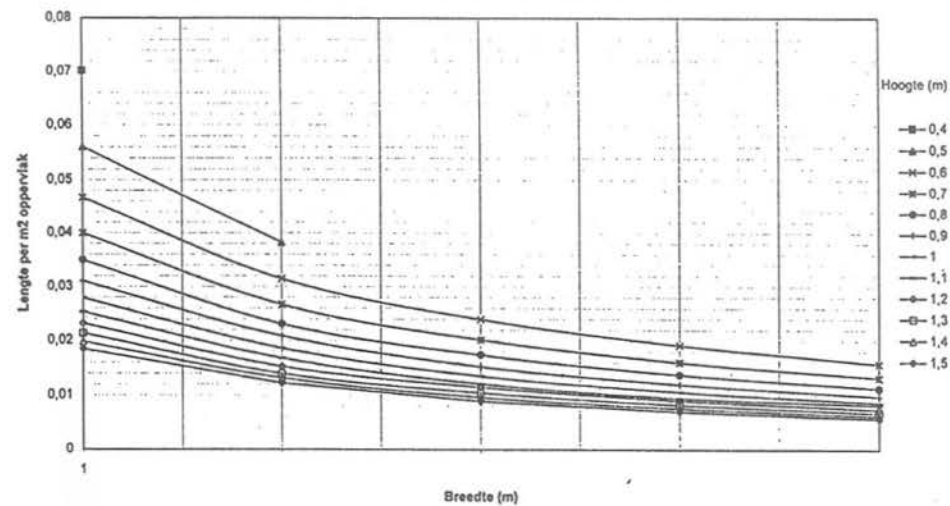


B I J L A G E

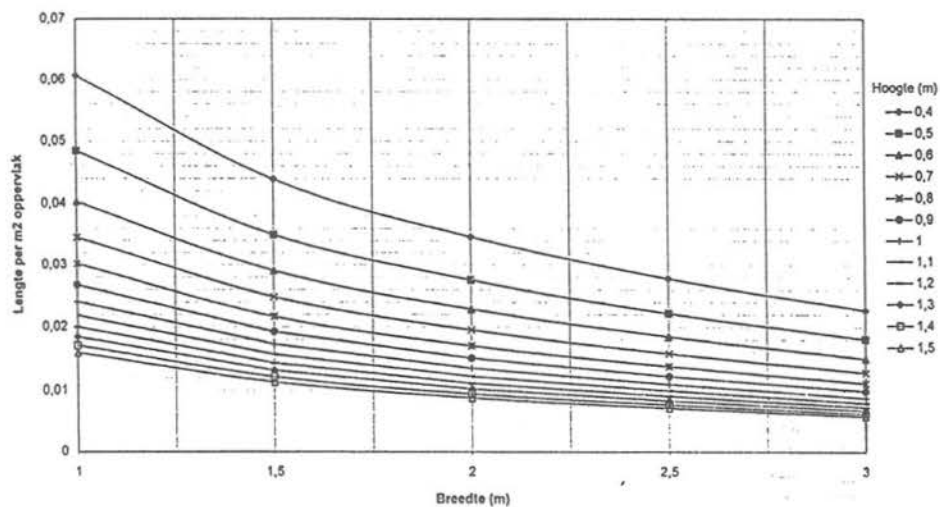
INFILTRATIEVOORZIENING
 $k=4,0$ m/d, $p=0,47$, $T=2$ J, $Lt < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



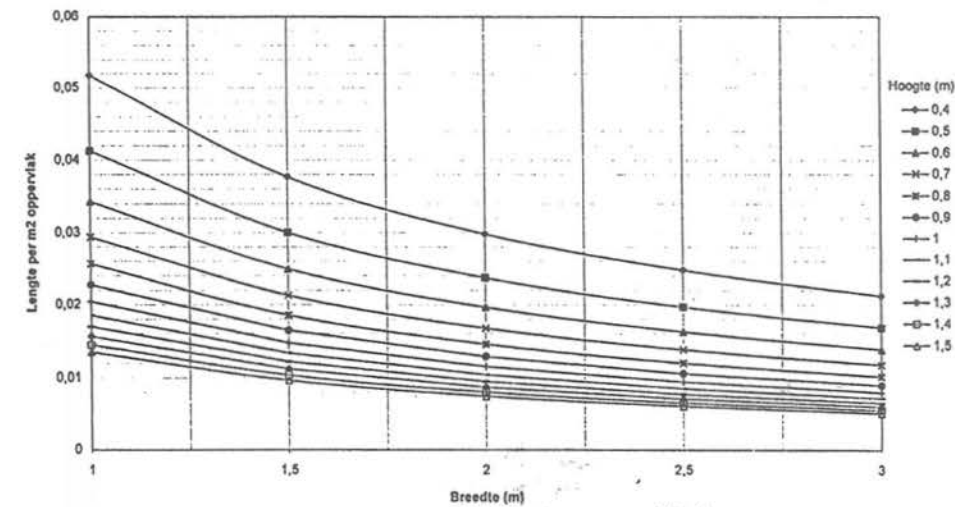
INFILTRATIEVOORZIENING
 $k=0,5$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ J, Lt onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



INFILTRATIEVOORZIENING
 $k=1,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ J, $Lt < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²

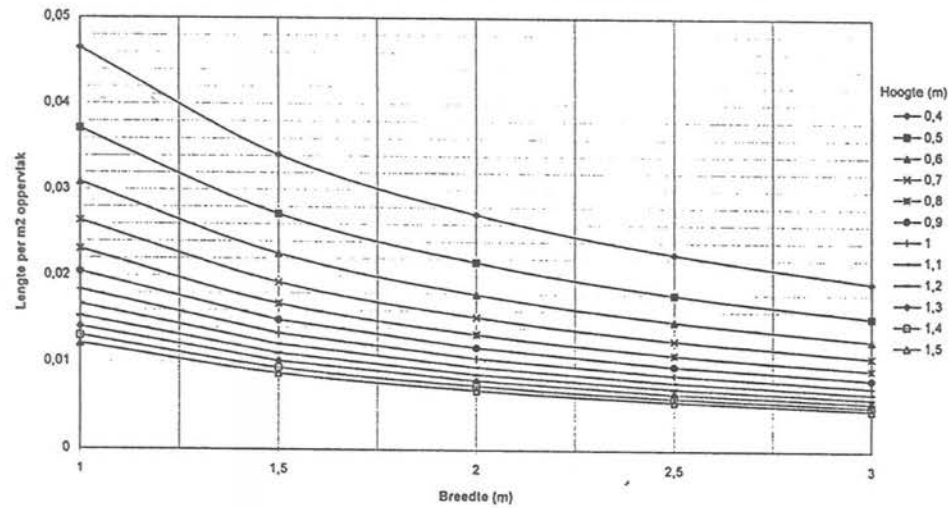


INFILTRATIEVOORZIENING
 $k=2,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ J, $Lt < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



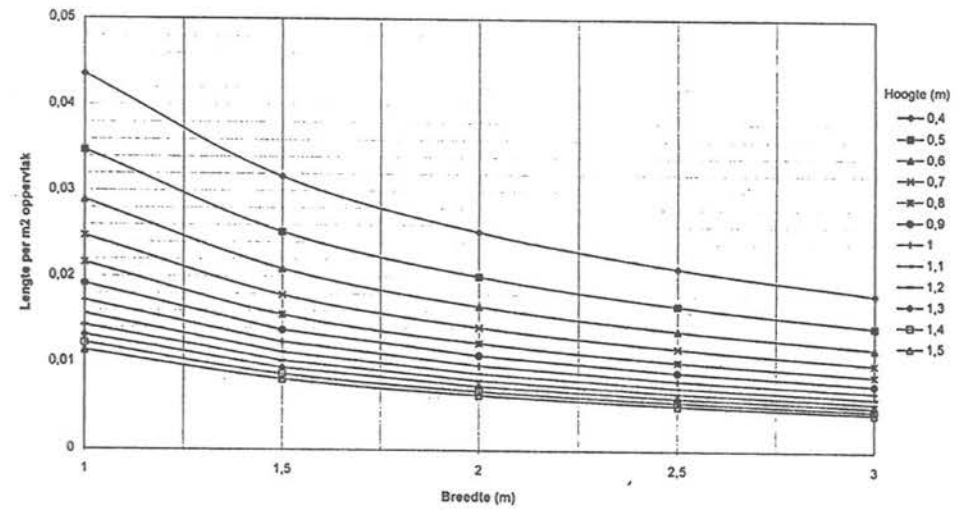
INFILTRATIEVOORZIENING

$k=3,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2j$, $Lt < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



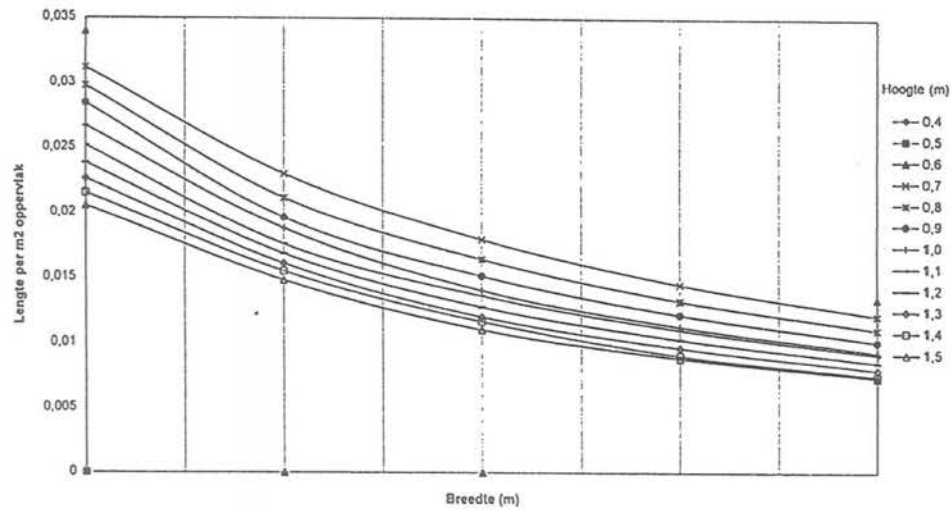
INFILTRATIEVOORZIENING

$k=4,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2j$, $Lt < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



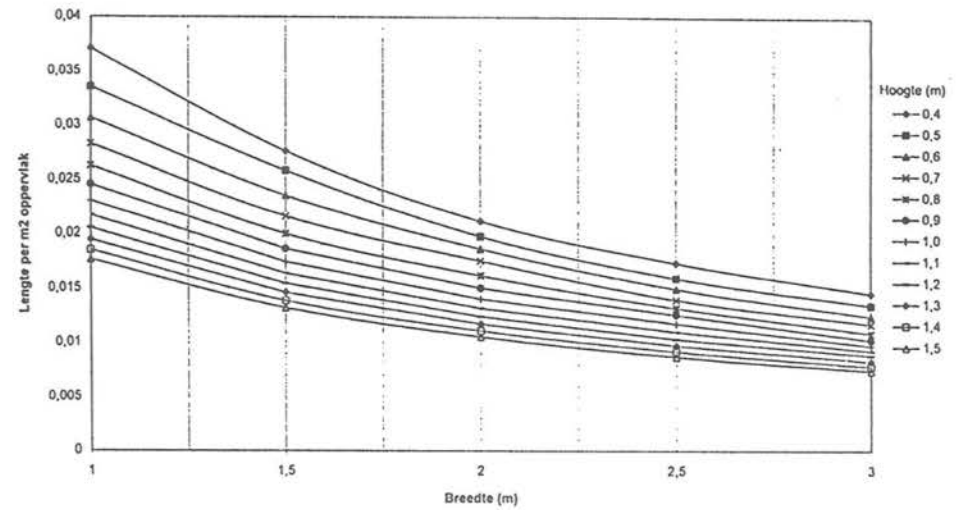
Wadi zonder drainagevoorziening

$k=0,5$ m/d, $p=0,47$, $T=2j$, Lt onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



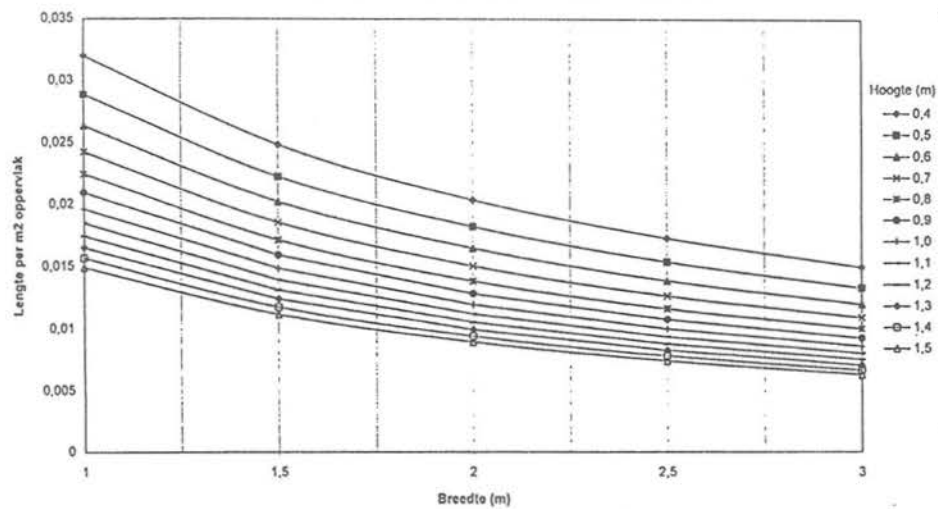
Wadi zonder drainagevoorziening

$k=1,0$ m/d, $p=0,47$, $T=2j$, Lt onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²

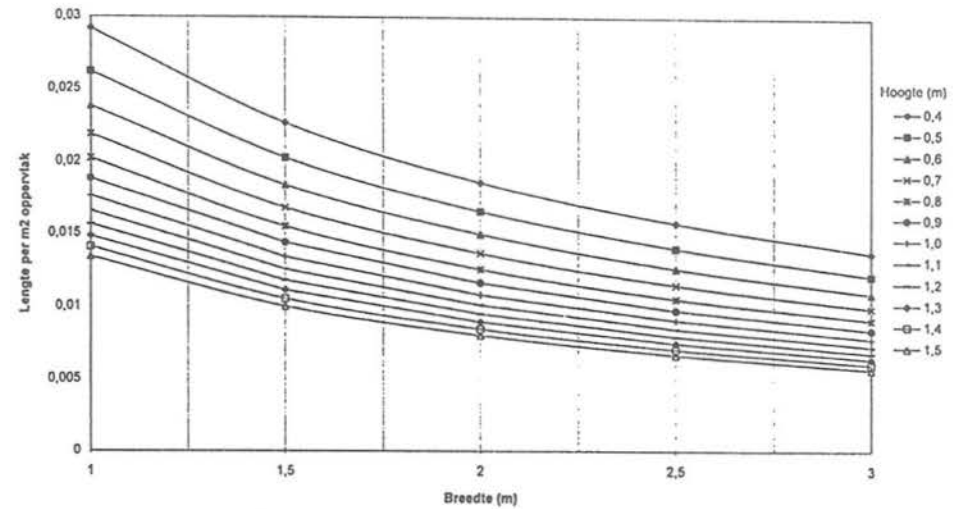


B I J L A G E

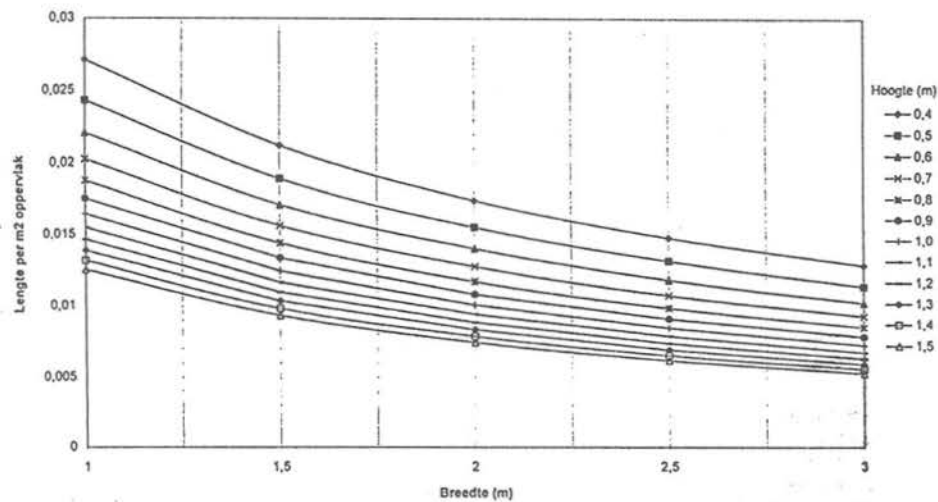
Wadi zonder drainagevoorziening
 $k=2,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2 \text{ j}$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



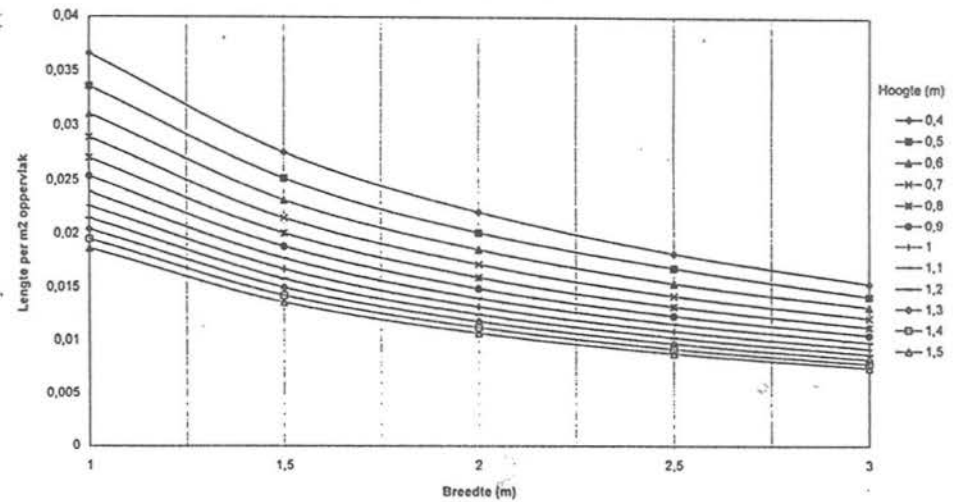
Wadi zonder drainagevoorziening
 $k=3,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2 \text{ j}$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



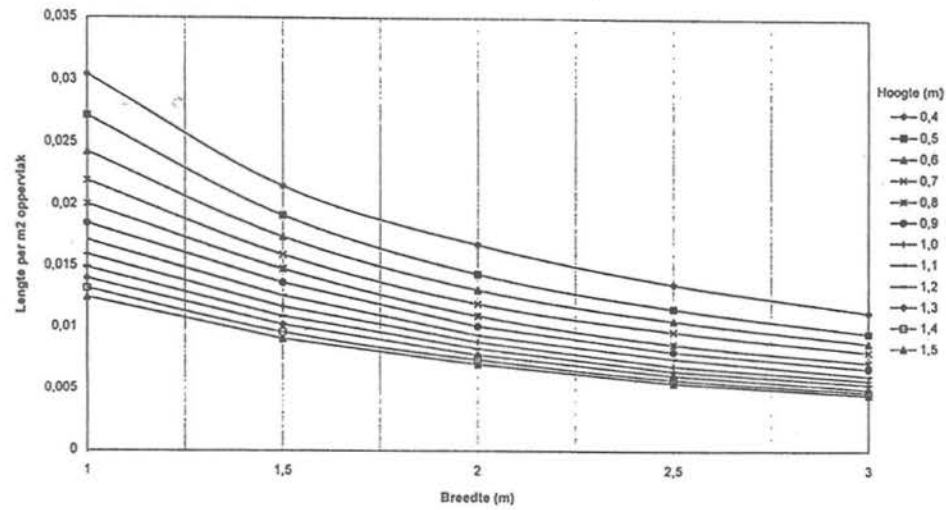
Wadi zonder drainagevoorziening
 $k=4,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2 \text{ j}$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



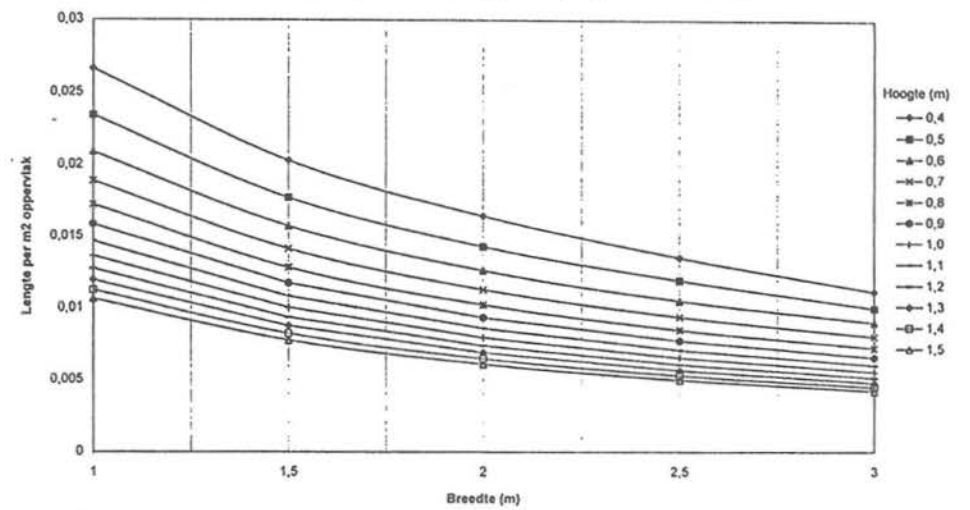
Wadi met drainagevoorziening
 $k=0,5 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2 \text{ j}$, Lt onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



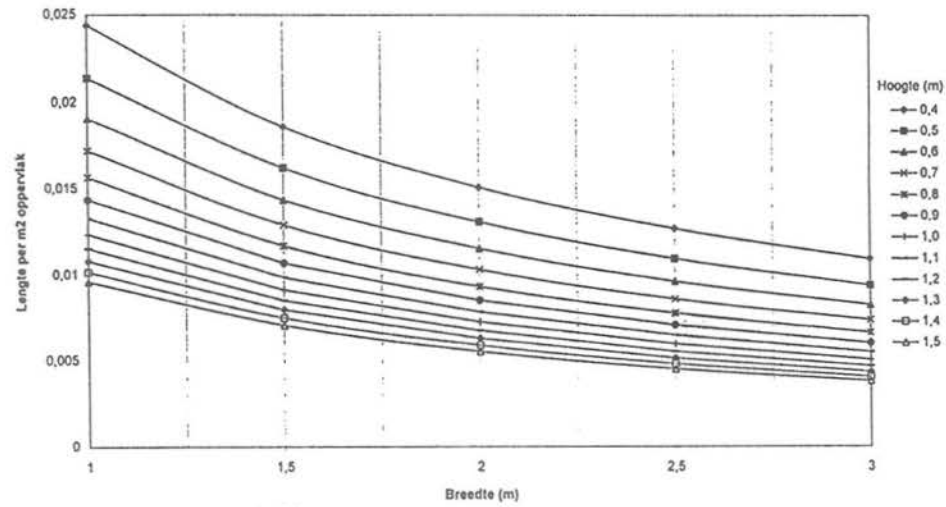
Wadi zonder drainagevoorziening
 $k=1,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ j, L_t onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



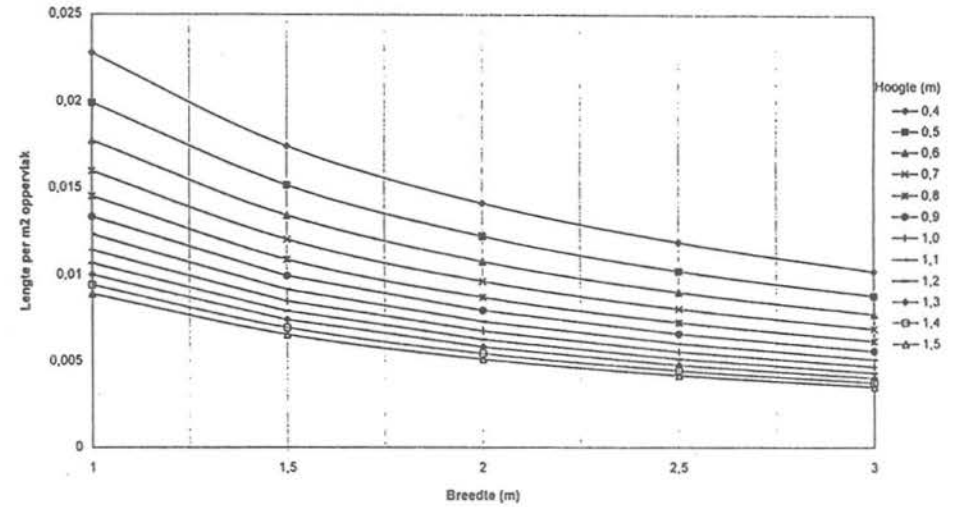
Wadi zonder drainagevoorziening
 $k=2,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ j, L_t onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



Wadi zonder drainagevoorziening
 $k=3,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ j, L_t onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²

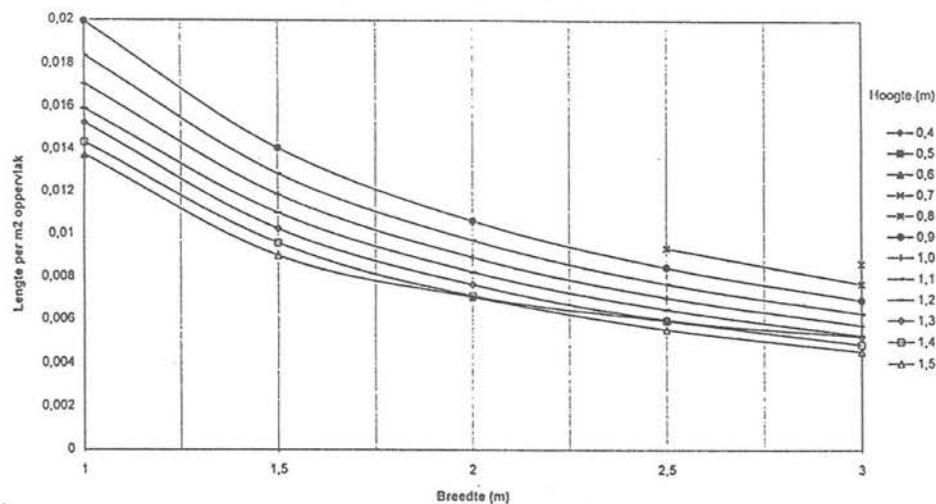


Wadi zonder drainagevoorziening
 $k=4,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ j, $L_t < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²

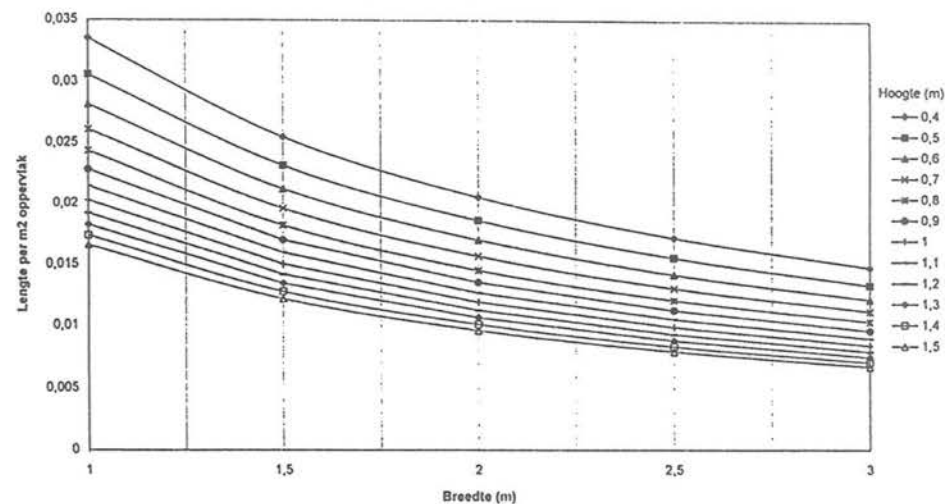


B I J L A G E

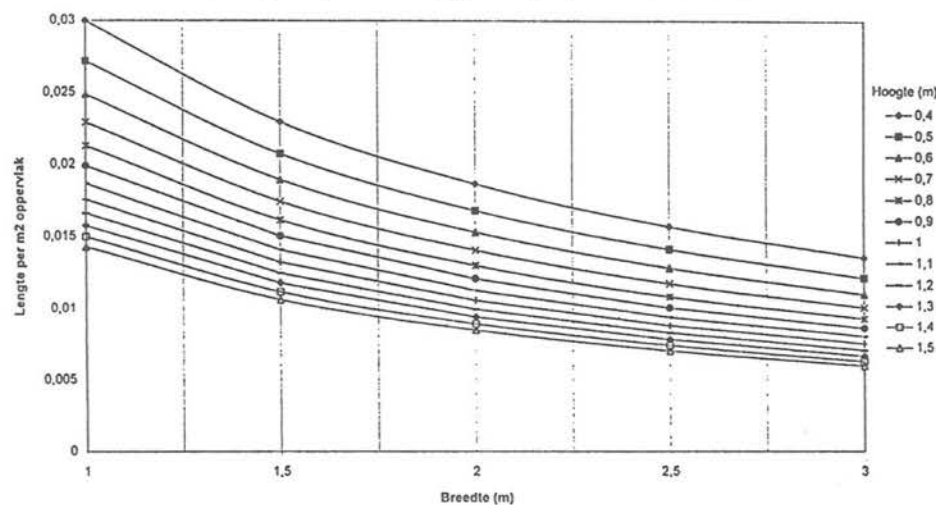
Wadi zonder drainagevoorziening
 $k=0,5 \text{ m/d}$, $p=0,90$, $T=2$, L_t onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



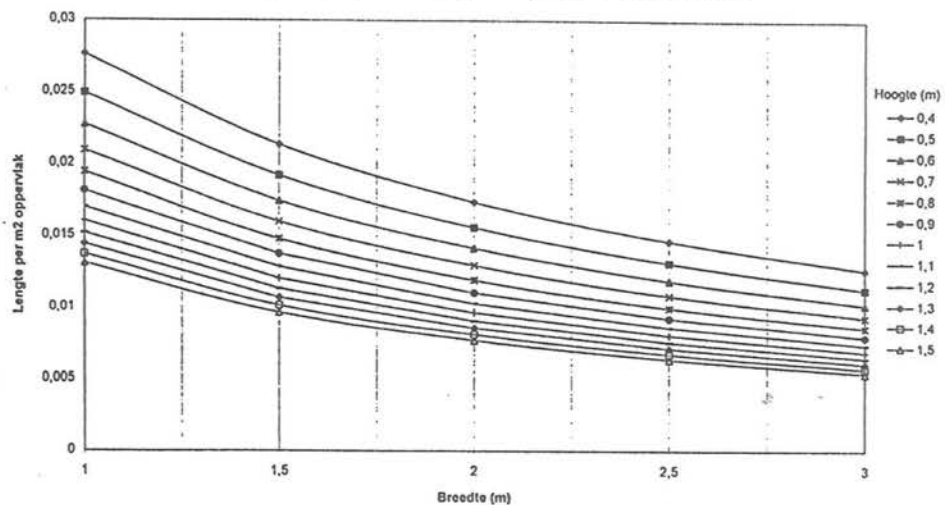
Wadi met drainagevoorziening
 $k=1,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2$, $L_t < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



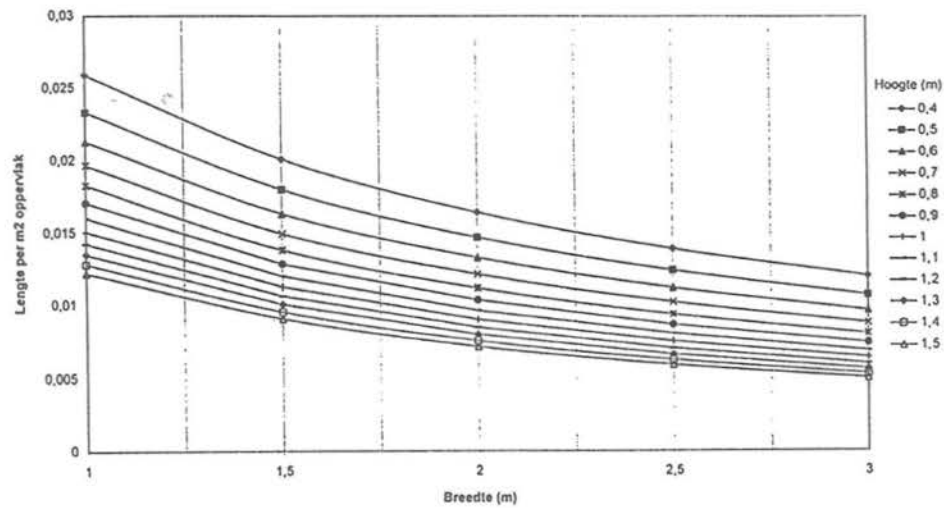
Wadi met drainagevoorziening
 $k=2,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2$, $L_t < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



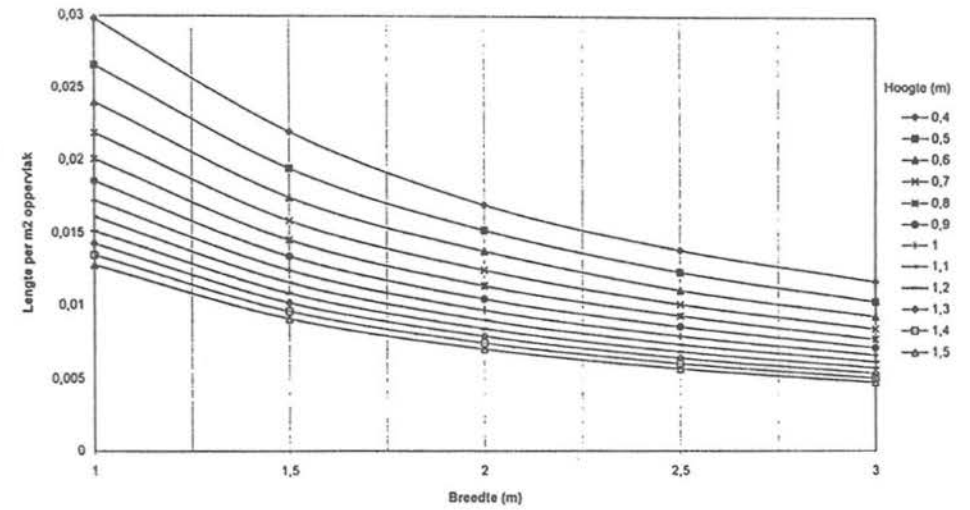
Wadi met drainagevoorziening
 $k=3,0 \text{ m/d}$, $p=0,47$, $T=2$, $L_t < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



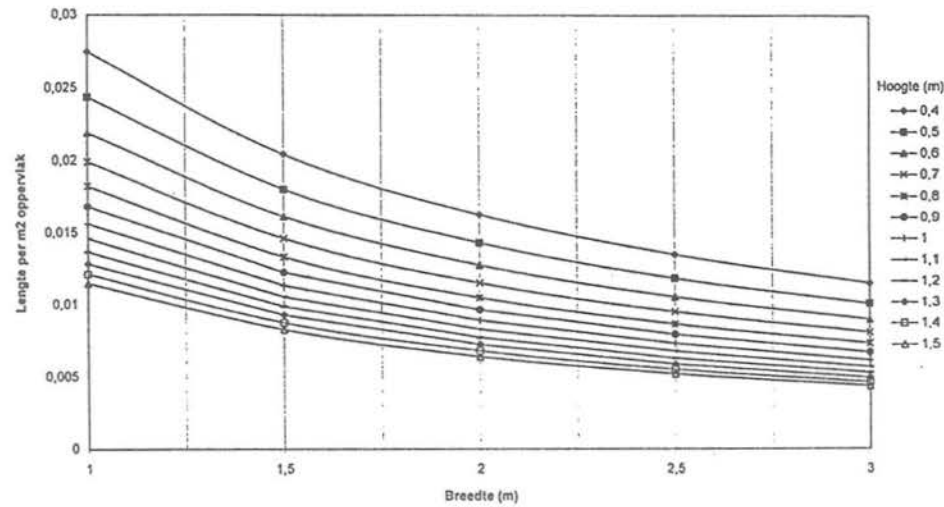
Wadi met drainagevoorziening
 $k=4,0$ m/d, $p=0,47$, $T=2$ j, $Lt < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



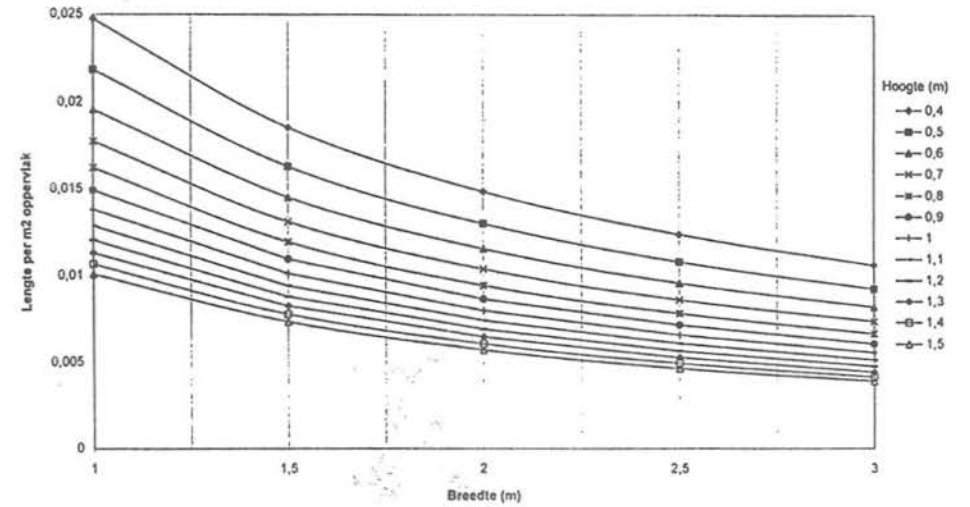
Wadi met drainagevoorziening
 $k=0,5$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ j, Lt onbepaald, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²



Wadi met drainagevoorziening
 $k=1,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ j, $Lt < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²

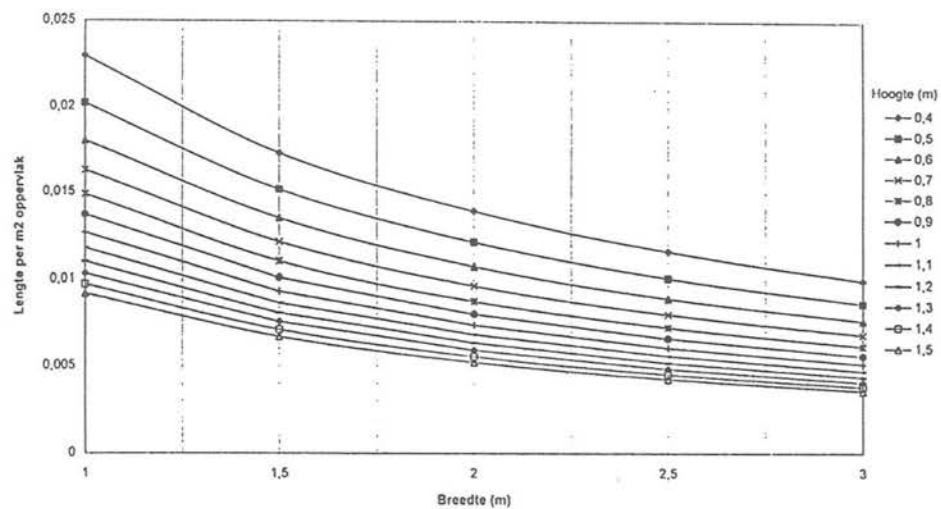


Wadi met drainagevoorziening
 $k=2,0$ m/d, $p=0,90$, $T=2$ j, $Lt < 48$ u, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m²

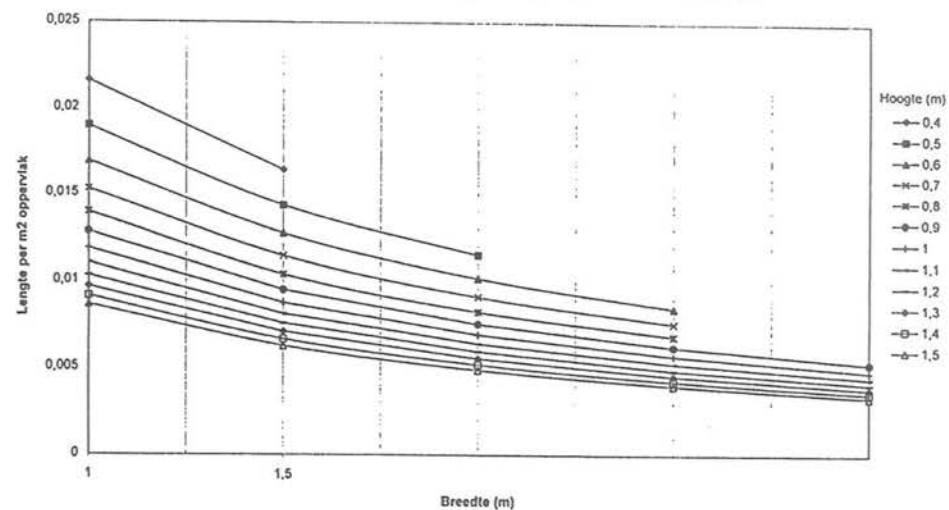


B I J L A G E

Wadi met drainagevoorziening
 $k=3,0 \text{ m/d}$, $p=0,90$, $T=2j$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



Wadi met drainagevoorziening
 $k=4,0 \text{ m/d}$, $p=0,90$, $T=2j$, $Lt < 48 \text{ u}$, oppervlak geldig tussen 100 en 2000 m^2



Literatuurlijst

H+N+S landschapsarchitecten (1995)

Watersysteem Vinexlocatie Leidsche Rijn, duurzaam omgaan met water bij de plannen voor verstedelijking. Rotterdam, Stuurgroep Experimenten Volkshuisvesting (SEV)

herkomst van fotomateriaal:

Geiger, W. en Dreiseitl, H. (1995)

Neue Wege für das Regenwasser, Handbuch zum Rückhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten. München, R. Oldenbourg Verlag GmbH

illustraties 8.13, 8.18, 8.28

Gerritsen, Gerrit J. (1994)

Nederlandschappen. Zwolle, Gerritsen.

illustratie 8.29

Koster, Arie (1994)

De groene omgeving, een bijdrage aan een gezonde samenleving. Haarlem, Schuyt & co

illustraties 9.5, 9.6, 9.10, 10.2

Lyall, Sutherland (1991)

Designig the new landscape. Londen, Thames and Hudson Ltd

illustraties 7.1, 8.12, 9.9

Somer, Kees (1995)

Mecano, architecten. Rotterdam, Uitgeverij 010

illustratie 8.6

Vroom, Meto J. (1992)

Outdoor Space / Buitenruimten. Amsterdam, Uitgeverij THOTH

illustratie 7.2

Colofon

De studie **Het regent, het regent....** is verricht in opdracht van het **Gemeenschappelijk projectbureau Leidsche Rijn** en uitgevoerd door **H+N+S Landschapsarchitecten, en het Ingenieursbureau Utrecht (IBU)** onder verantwoording van de **Projectgroep waterhuishouding Leidsche Rijn**

Samenstelling

Lodewijk van Nieuwenhuijze (H+N+S)
Livina Tummers (H+N+S)
Ruut van Paridon (H+N+S)
Erik Jansen (IBU)
Michael de Burger (IBU)

Eindredactie

Livina Tummers

Vormgeving en lay-out

H+N+S

Foto's en afbeeldingen

H+N+S en IBU

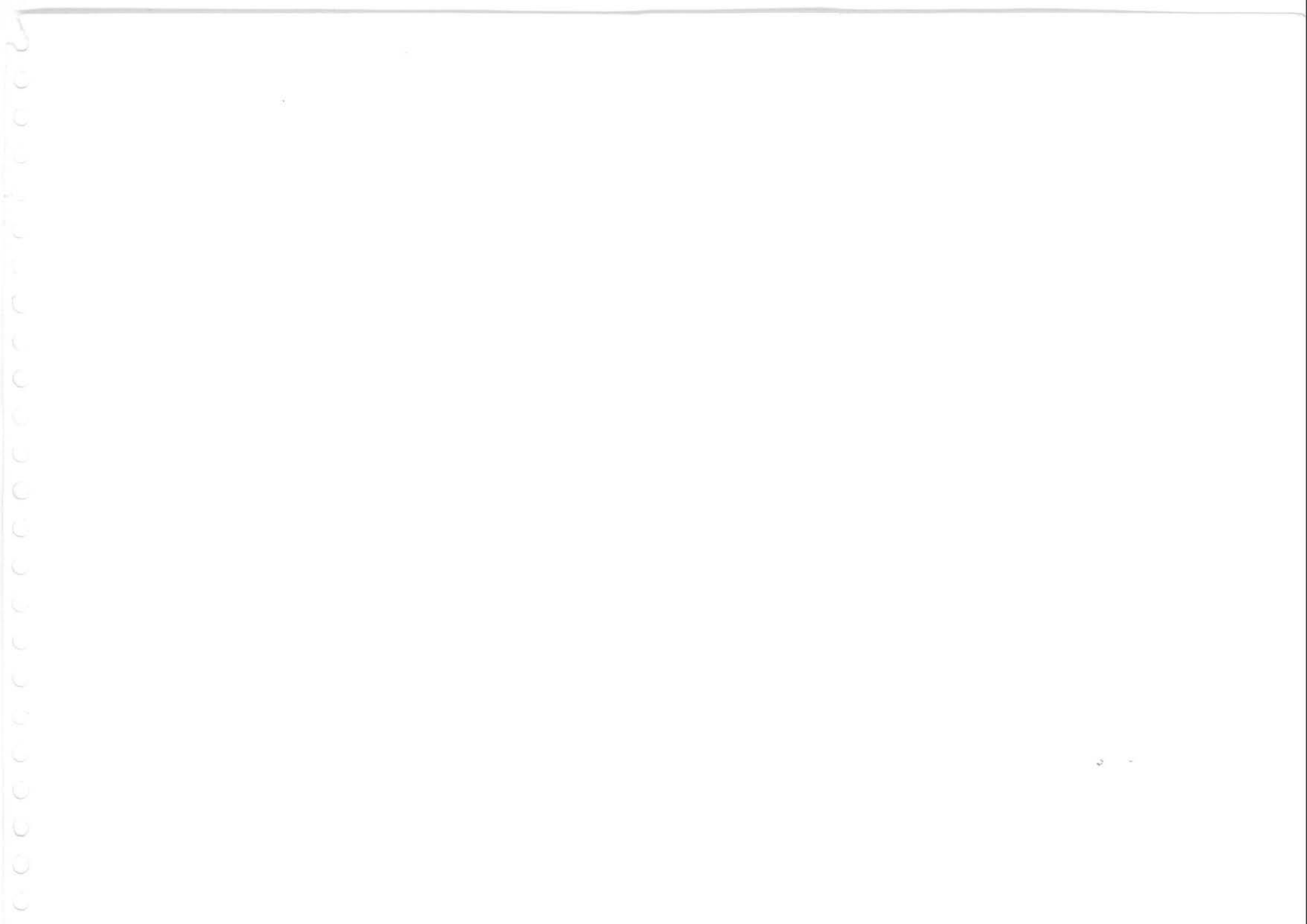
Utrecht, juni 1996

© H+N+S en IBU (1996) Alles uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en / of openbaar gemaakt mits de bron wordt vermeld.

Exemplaren van dit rapport zijn tegen betaling te verkrijgen bij het Ingenieursbureau Utrecht, postbus 8375, 3503 RJ Utrecht, tel. 030-2864348.

180 H+N+S 96

HET REGENT HET REGENT



Het regent, het regent,
de pannen worden nat.
Er kwamen twee soldaatjes
aan, die vielen op hun gat.
Oud hollands kinderliedje
waarin elementaire
verbanden worden gelegd.
Alleen die soldaatjes....