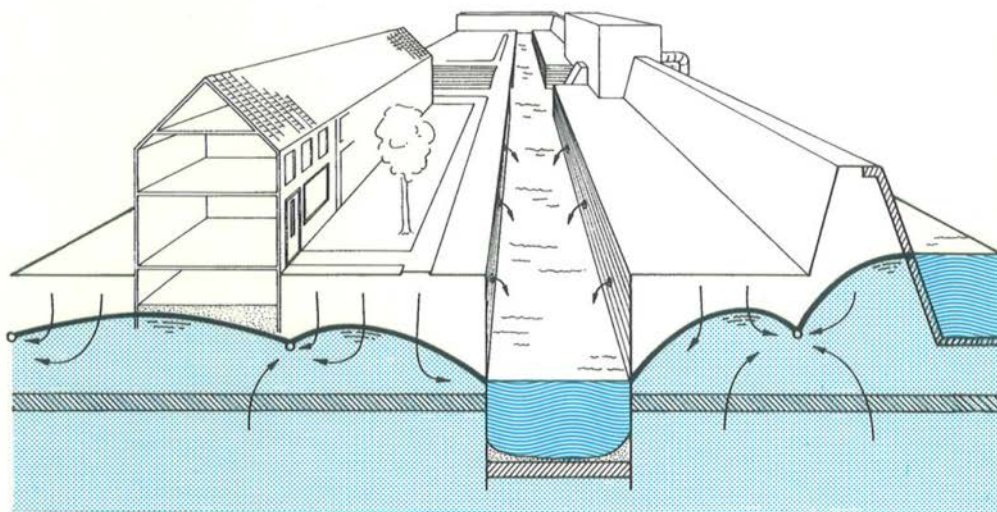


D0443
1182

GRONDWATERPROBLEMEN IN DE WOONOMGEVING

oorzaken en oplossingen

een leidraad



TU Delft

Technische Universiteit Delft

GRONDWATERPROBLEMEN IN DE WOONOMGEVING

oorzaken en oplossingen

Wetenschapswinkel en
Vakgroep Gezondheidstechniek & Waterbeheersing,
Technische Universiteit Delft.

Eerste druk, Januari 1992.

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Beenen, A.S.

Grondwaterproblemen in de woonomgeving : oorzaken en oplossingen / A.S. Beenen ; [ill. van de auteur].

- Delft : Technische Universiteit Delft, Vakgroep gezondheidstechniek & Waterbeheersing ; Delft : Wetenschapswinkel. - III.

Met lit. opg., reg.

ISBN 90-800089-4-X

Trefw.: wateroverlast / vochtwering.

VOORWOORD

Vochtige kelders, schimmel op het behang; over deze problemen komen bij de wetenschapswinkel van de TU Delft regelmatig vragen binnen. Een antwoord is niet altijd gemakkelijk te geven.

Vochtige woningen zijn vaak een gevolg van een onvoldoende functionerend grondwaterbeheer, en dat kan op individueel niveau bijna nooit afdoende aangepakt worden. Vandaar dat de wetenschapswinkel bij de vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing (Faculteit Civiele Techniek) een studie heeft laten uitvoeren naar oorzaken en oplossingen voor grondwaterproblemen in de woonomgeving. Dit onderzoek is deels gefinancierd door de vakgroep zelf en deels uit het budget voor langerlopend onderzoek dat de wetenschapswinkel jaarlijks toegekend krijgt door de Universiteits Raad. Daarnaast is een financiële bijdrage verkregen van Rijkswaterstaat, Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA).

Het voor u liggende rapport is een van de resultaten van dit onderzoek. Het is bedoeld als een leidraad voor degenen die zich uit hoofde van hun werk of functie willen verdiepen in de stedelijke grondwater- of vochtproblematiek; enerzijds om een beter inzicht te verkrijgen in de mogelijke bronnen die tot bewonersklachten leiden, anderzijds vooral ook om bij te dragen aan de realisatie van de oplossing. Naast deze rapportage is een brochure samengesteld, bestemd voor een brede groep van bewoners en andere belangstellenden. In de brochure worden in het kort de aspecten aangegeven die van belang zijn bij de sanering van vocht- en grondwaterproblemen in de woonomgeving. Ook wordt een procedure beschreven om tot oplossingen te komen.

Beide resultaten konden alleen tot stand komen door de grote inzet en het degelijke werk dat door de onderzoeker, ir. A.S. Beenen, geleverd is. Ook de inspirerende discussies en opbouwende kritiek van de leden van de begeleidingscommissie verdienen vermelding.

Hopelijk kan deze rapportage bijdragen aan de sanering van de grondwaterproblemen in stedelijke gebieden. Langer wachten maakt de schade alleen maar groter.

Annemarie van de Vusse,
voorzitter begeleidingscommissie.

De begeleidingscommissie bestond uit:

- ir. R. Boekelman, vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing;
- ir. N.P. Pellenbarg, Rijksinstituut Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling;
- prof. ir. W.A. Segeren, vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing;
- dr. ir. F.H.M. van de Ven, vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing;
- drs. K. Vissers, Amsterdams Steunpunt Wonen;
- drs. A.C.E. van de Vusse, Wetenschapswinkel TU-Delft.

SAMENVATTING

Uit meerdere inventarisaties is naar voren gekomen dat in heel Nederland vocht- en grondwateroverlast wordt ondervonden. Deze overlast is niet geconcentreerd in bepaalde gebieden, maar is juist erg diffuus. Dit is te verklaren door het grote aantal oorzaken voor de problemen die alleen of in combinatie kunnen voorkomen. Daarnaast treden ook problemen op door te lage grondwaterstanden. Een onderscheid kan gemaakt worden tussen waterhuishoudkundige en bouwtechnische oorzaken.

De waterhuishoudkundige oorzaken kunnen onderscheiden worden op basis van de deelprocessen in de hydrologische kringloop. Het verloop van deze processen wordt door de plaatselijke omstandigheden als bodemopbouw, wijze van bouwrijpmaken en inrichting van het stedelijke gebied bepaald.

Nagegaan is wat de kenmerken zijn van de geohydrologische situaties, waarbij vaak problemen worden ervaren.

Binnen de bouwfysische oorzaken kan een onderscheid gemaakt worden op basis van de herkomst en de transportprocessen van het vocht. Een aantal veel voorkomende vochtbronnen, transportmechanismen en effecten komen aan de orde.

Naast technische knelpunten in de vocht- en waterhuishouding worden ook de bestuurlijke regelgeving en mogelijkheden voor juridische aansprakelijkheid als knelpunten ervaren, met name bij de sanering van de overlast. Het blijkt dat de zorg voor een juiste beheersing van de grondwaterstand in stedelijk gebied aan geen enkele instantie expliciet is opgedragen. Bij ondervonden schade ten gevolge van vermoede onjuiste grondwaterstanden, is het moeilijk een hierover aanspreekbare persoon of instantie te vinden omdat degenen die hiervoor in aanmerking komen bang zijn voor aansprakelijkstelling. Dit kan namelijk voor hen enorme financiële consequenties met zich mee brengen.

Vanuit de probleemverkenning is in het onderliggende rapport een opzet gemaakt voor de aanpak van de problemen. Hierbij is met name ingegaan op mogelijkheden voor de getroffen bewoners om zelf actief te participeren in de sanering van de vocht- of grondwateroverlast in, respectievelijk rondom, de woning. Hiervoor is een twee stappen procedure beschreven.

1° De eerste stap bestaat uit het achterhalen van alle mogelijke oorzaken voor bepaalde klachten. Voor dit doel zijn de verbanden aangegeven tussen de verscheidene probleemaspecten zoals bronnen, transportmechanismen en effecten in de vocht- en waterhuishouding. Daarnaast zijn enkele mogelijke onderzoeksmethoden beschreven voor zowel bewoners, als specialisten.

2° De tweede stap bestaat uit het aangeven van mogelijke oplossingen voor bestrijding of beheersing van de oorzaken. Deze oplossingen bestaan in het algemeen uit een pakket van maatregelen welke zowel in de bouwfysische als in de waterhuishoudkundige sfeer kunnen liggen. Hierbij is tevens aangegeven op welke wijze het voor een bepaalde situatie optimale pakket van maatregelen samengesteld kan worden.

Voor een succesvolle en efficiënte sanering zijn niet alleen inzicht in en kennis van de technische aspecten van belang. Minstens net zo belangrijk is de wijze waarop de sanering georganiseerd kan worden, opdat de belangen van alle betrokken op een juiste manier meewegen in de keuze van de uiteindelijke oplossing. Daarom wordt deze leidraad afgesloten met een aantal aanwijzingen voor de wijze waarop de sanering georganiseerd kan worden.

Tenslotte is een voorstel beschreven voor de verdeling van de taken en kosten tussen de bij de sanering betrokken partijen.

INHOUDSOPGAVE

	pagina
LEESWIJZER	ix
0. VERKLARING BEGRIPPEN	
0.1. ontwatering en afwatering	2
0.2. bodem en grondwater	4
0.3. organisatie van de waterbeheersing in Nederland	6
1. OPZET VAN HET ONDERZOEK	
1.1. inleiding	10
1.2. probleemverkenning	11
1.3. doelen van het onderzoek	12
1.4. opzet van de rapportage	13
2. INVENTARISATIE VAN DE KNELPUNTEN	
2.1. voorkomen van grondwater- en vochtoverlast	16
2.2. rubricering van de technische problemen	22
2.3. saneringsprocedure	28
2.4. twee praktijkvoorbeelden	32
3. DE EERSTE STAP: VAN KLACHT NAAR OORZAAK	
3.1. de vochthuishouding in de woning	38
3.2. de waterhuishouding rondom de woning	51
3.3. de grondwaterstand	60
3.4. methoden voor onderzoek	64
4. DE TWEEDE STAP: VAN OORZAAK NAAR OPLOSSING	
4.1. methodiek van het bepalen van de optimale oplossing	76
4.2. basisprincipes beheersing van de vochthuishouding	84
4.3. basisprincipes beheersing van de waterhuishouding	94
4.4. overwegingen ten aanzien van de keuzecriteria	102
5. DE ORGANISATIE VAN EEN EFFICIËNTE SANERING	
5.1. de bestaande wetten en regelingen	108
5.2. de fasering	113
5.3. voorstel voor de taakverdeling	118
INDEX	122
LITERATUUROVERZICHT	124

FIGUREN EN TABELLEN

pagina

FIGUREN

fig.0.1.	Waterhuishoudkundige processen rondom de woning	3
fig.0.2.	Ontwatering en afwatering stedelijk gebied	3
fig.0.3.	Bodemopbouw en grondwater	5
fig.0.4.	Drooglegging en ontwateringsdiepte	5
fig.0.5.	Wetten en plannen voor de waterhuishouding	7
fig.2.1.	Bodemopbouw West-Nederland	18
krt.2.1.	Geohydrologisch kenmerkende gebieden	20
fig.2.2.	Amsterdams funderingsstelsel	26
fig.2.3.	Peilbuis	26
fig.2.4.	Toename korrelspanning door verlaging grondwaterstand	27
grf.3.1.	Waterdampdruk en -verzadigingsconcentraties in lucht	39
fig.3.1.	Optrekkend vocht	40
fig.3.2.	Doorslaand vocht	41
fig.3.3.	Processen in de kruipruimte	42
fig.3.4.	Capillaire opstijging	42
fig.3.5.	Peilen straat, vloer en kruipruimte	43
fig.3.6.	Plaatsing van de ventilatie	44
fig.3.7.	Koudebruggen en oppervlaktecondensatie	47
fig.3.8.	Waterbalansgebied rond de oppervlakte	52
fig.3.9.	Waterbalansgebied onverzadigde zone	54
fig.3.10.	Waterbalansgebied verzadigde zone	56
fig.3.11.	Badkuipeffect	57
fig.4.1.	Maatregelen ter bestrijding van optrekkend vocht	85
fig.4.2.	Maatregelen tegen doorslaand vocht	87
fig.4.3.	Maatregelen tegen verdampend grondwater	88
fig.4.4.	Geveldrainage	96
fig.4.5.	Regelbaar drainagesysteem	99

TABELLEN

tab.2.1.	Percentage woningen met vochtoverlast per deelgebied	17
tab.2.2.	Relatie vochtigheid woningen en gezondheidsklachten	23
tab.2.3.	Ontwateringsnormen	25
tab.3.1.	Klacht-oorzaak matrix vochthuishouding	49
tab.3.2.	Klacht-oorzaak matrix waterhuishouding	59
tab.3.3.	Oorzaak-onderzoek matrix bouwfysica	73
tab.3.4.	Oorzaak-onderzoek matrix waterhuishouding	73
tab.5.1.	Wie doet wat bij de sanering	117

Deze leidraad is opgebouwd uit een aantal stappen dat de lezer meeneemt naar de oplossing van de vocht- of grondwateroverlast. Deze stappen zijn:

- een overzicht van de meest ervaren knelpunten,
- een beschrijving van de vochtuishouding in een woning,
- een beschrijving van de (grond)waterhuishouding rondom een woning,
- een overzicht van onderzoeksmethoden,
- een overzicht van bouwtechnische oplossingen,
- een overzicht van waterhuishoudkundige oplossingen,
- een voorstel voor organisatorische oplossingen.

In principe kunnen deze delen afzonderlijk gelezen worden. De samenhang binnen de complexe problematiek zal echter het meest duidelijk worden aan de lezer indien de leidraad in de geschreven volgorde wordt gelezen.

Voor het snel kunnen opzoeken van speciale aspecten worden de meeste paragrafen voorafgegaan door een kernachtige samenvatting van de inhoud, geplaatst in een kader.

Teneinde een éénduidig begrippenkader te hanteren is hoofdstuk nul opgenomen. In dit hoofdstuk worden een aantal waterhuishoudkundige begrippen kort omschreven. Hierbij is niet de letterlijke definitie zoals aanbevolen door de Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (CHO-TNO) aangehouden, echter er is voor de niet-ingewijden een duidelijke omschrijving gegeven. Voor de definities wordt de lezer verwezen naar een publicatie van de CHO:

"Verklarende Hydrologische Woordenlijst", rapporten en nota's no.16, ISBN 90-6743-087-0.

Tevens is in hoofdstuk nul een overzicht gegeven van de organisatie van de waterbeheersing in Nederland. Dit overzicht gaat met name in op de taakverdeling tussen hogere overheid, waterschappen en gemeentes bij het beheer van het stedelijke oppervlakte- en grondwater.

Delft, December 1991

ir. A.S. Beenen.

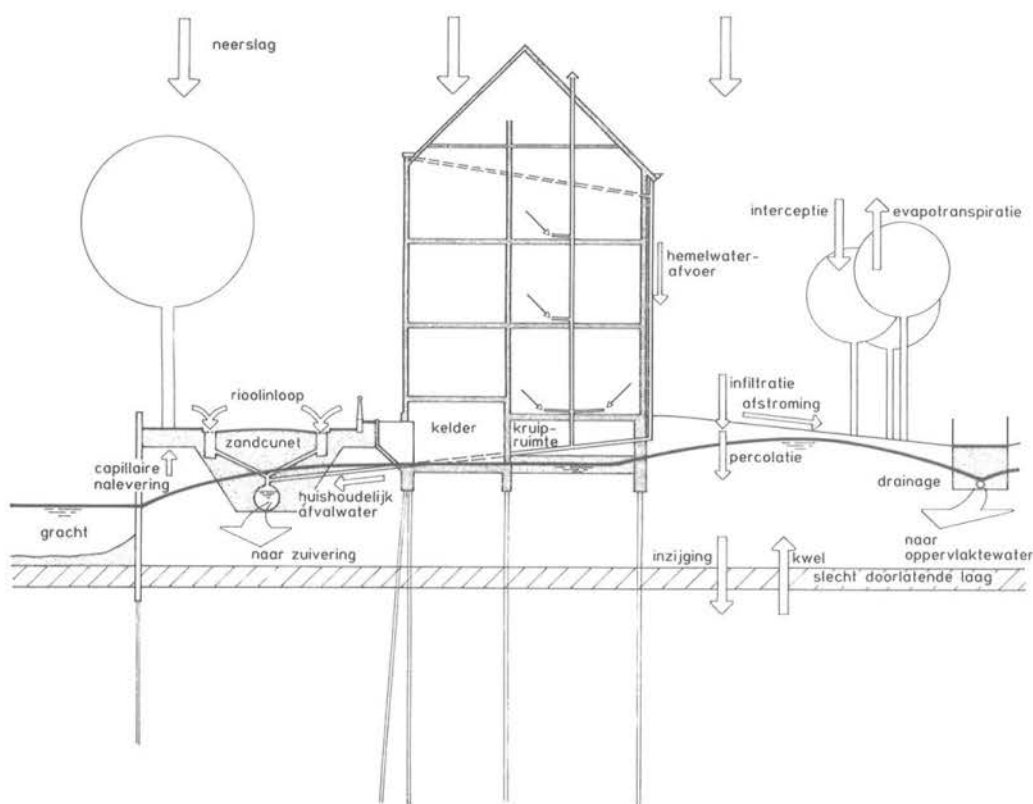
0.1. ontwatering en afwatering van stedelijk gebied.

Om overtollige neerslag uit een stad af te voeren zijn twee deelstromen van belang. Deze zijn de ontwatering en de afwatering. De ontwatering betreft het transport van neerslag van de plaats waar de neerslag valt naar het stedelijke open water of de riolering. Voor de ontwatering van de percelen stroomt de neerslag over en door de grond, eventueel door drainbuizen en greppels naar een stelsel van grotere waterlopen.

De afwatering betreft het verdere transport door een stelsel van sloten, grachten en kanalen naar de boezem, rivier of zee. Hier-voor is voor gebieden onder zeeniveau (polders) bemaling noodzakelijk.

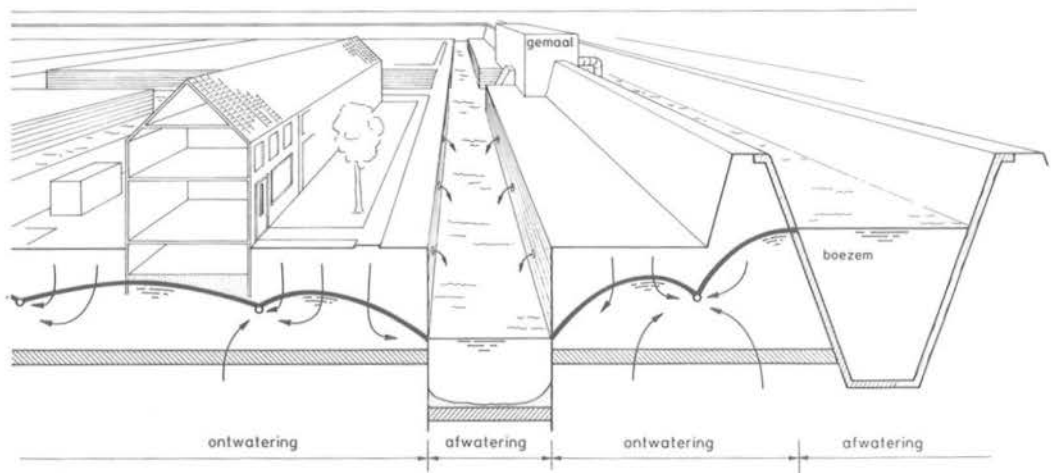
Het industriële en huishoudelijke afvalwater stroomt, soms vermengd met neerslag, door de riolering naar de rioolwaterzuiveringsinstallaties.

De waterhuishouding van de woonomgeving wordt beschreven in paragraaf 3.2. Daar worden onderstaande begrippen in hun onderlinge relatie toegelicht.



figuur 0.1. waterhuishoudkundige processen rondom de woning.

afstroming	-	het transport van water uit een bepaald gebied naar het uitstromingspunt.
capillaire opstijging	-	opwaartse stroming van water boven de grondwaterspiegel als gevolg van adhesiekrachten tussen water en de wand van nauwe kanaaltjes (poriën) in grond of keramische materialen.
drainage	-	de afvoer van water over en door de grond en door het waterlopenstelsel of door voor dit doel aangelegde drainagebuizen.
drainagesysteem	-	stelsel van poreuze ondergrondse leidingen dat tot doel heeft overtollig water uit de verzadigde zone af te voeren.
evapotranspiratie	-	verdamping van water vanaf een begroeid oppervlak, zowel vanuit de bodem als planten.
infiltratie	-	het proces waarbij water vanaf het grondoppervlak de bodem binnentreedt.
interceptie	-	dat gedeelte van de neerslag dat verdampt nadat deze onderschept is door planten, bomen en overige objecten (zodat dit gedeelte van de neerslag niet het bodemoppervlak bereikt.)
kruipruimte	-	ruimte onder de begane grond vloer in gebruik voor het bereiken van leidingen voor inspectie, onderhoud of reparatie alsmede voor ventilatie van de vloer en eventuele houten constructiedelen onder de woning.
kwel	-	het uittreden van grondwater direct aan het grondoppervlak, in sloten of drains. Dit proces wordt veroorzaakt door overdruk van het grondwater.
percolatie	-	neerwaartse beweging van water in de onverzadigde zone.
wegzijging	-	neerwaartse stroming van grondwater.



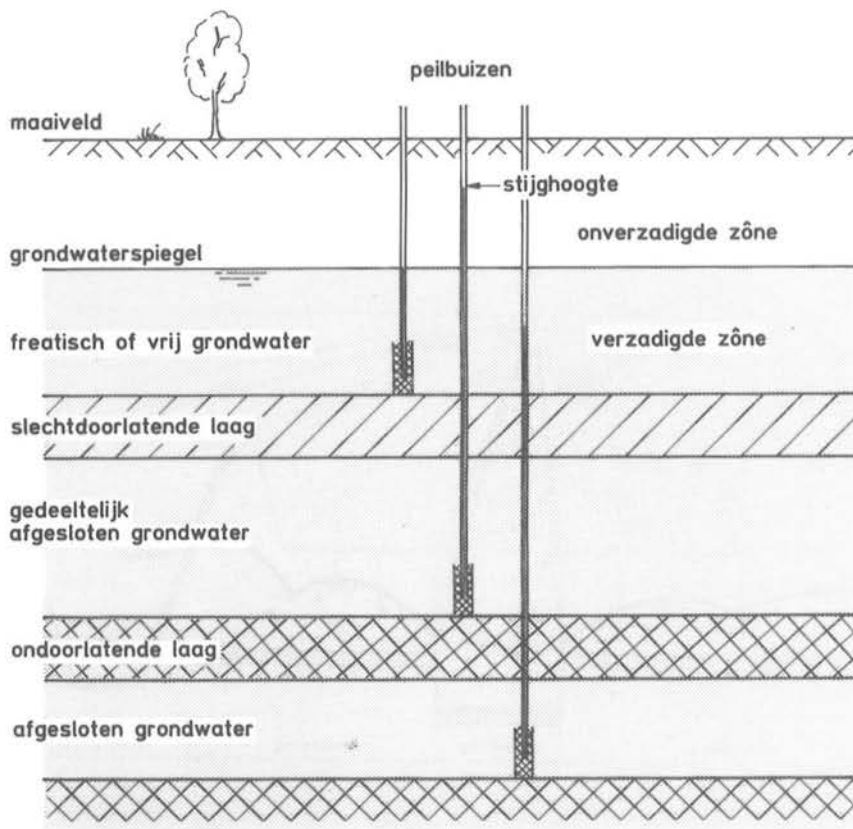
figuur 0.2. ontwatering en afwatering stedelijk gebied.

0.2. bodem en grondwater.

De bodem in de stad is meestal opgebouwd uit meerdere lagen boven elkaar. Deze kunnen onderscheiden worden op basis van de grondsoorten. Klei-, leem- en veenlagen laten in het algemeen water slecht door, terwijl zand en grindlagen juist goed doorlatend zijn. In grote delen van Nederland bestaat de bodem van boven naar beneden afwisselend uit lagen met een slechte en matige doorlatendheid voor water. Om een snelle ontwatering te verzekeren, worden bouwterreinen opgehoogd met goed doorlatend zand. Het grondwater boven de bovenste slecht doorlatende klei/veen laag is het vrije of freatische grondwater met een vrije grondwater-spiegel. Deze laag is voor de ontwatering het belangrijkste.

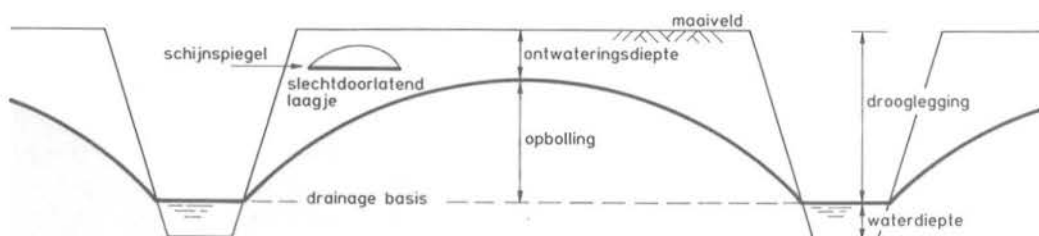
Het grondwater onder de slecht doorlatende laag is het (gedeeltelijk) afgesloten grondwater. De eventuele overdruk, ten opzichte van de hydro-statische drukverdeling, van het gedeeltelijk afgesloten grondwater is van belang voor verticale transportprocessen als kwel of inzijging. Deze druk wordt uitgedrukt in het begrip stijghoogte. In onderstaand voorbeeld is er sprake van een grotere stijghoogte (druk) in het gedeeltelijk afgesloten watervoerend pakket ten opzichte van de stijghoogte in het freatische pakket. Hier zal dus kwel optreden.

In paragraaf 3.2.2. worden deze begrippen nader toegelicht.



figuur 0.3. bodemopbouw en grondwater.

afgesloten grondwater	-	het grondwater in een laag grond die is afgesloten door een ondoorlatende laag aan de bovenzijde (klei of veenlaag). Hierdoor treedt er geen vrije waterspiegel op. Ook wel genoemd het diepe grondwater.
bodem	-	bovenste meters van de aardkorst; de bodem bestaat uit een korrelskelet van vaste delen van minerale of plantaardige herkomst en poriën gevuld met lucht en/of water.
bodemvocht	-	het water dat zich boven de grondwaterspiegel in de grond bevindt.
drooglegging	-	de verticale afstand tussen het peil van de waterspiegel in de open waterlopen en het grondoppervlak.
freatisch water	-	het grondwater dat een vrije grondwaterspiegel heeft. De stijghoogte is gelijk aan het niveau van de grondwaterspiegel. Ook wel ondiep of vrij grondwater genoemd.
grondwater	-	het water dat zich tussen de vaste delen van de grond in bevindt, meestal beperkt tot het water beneden de grondwaterspiegel.
grondwaterspiegel	-	het denkbeeldige vlak in de grond waar de waterspanning gelijk is aan de atmosferische luchtdruk. Ook genoemd het freatisch vlak.
maaiveld	-	de bovenkant van de bodem, het grondoppervlak.
onverzadigde zone	-	het gedeelte van de grond boven de grondwaterspiegel waar de poriën zowel water als lucht bevatten.
ontwateringsdiepte	-	de verticale afstand tussen het maaiveld en de hoogste grondwaterstand tussen de ontwateringsmiddelen.
opbolling	-	verticale afstand tussen de hoogste grondwaterstand en het vlak door de waterspiegels in de ontwateringsmiddelen.
stijghoogte	-	de hoogte boven een bepaald referentievlak tot waar het water in een peilbuis stijgt. Deze stijghoogte is afhankelijk van de druk van het grondwater ter plaatse van de opening onderin de peilbuis. In freatisch grondwater is de stijghoogte gelijk aan de grondwaterspiegel. In afgesloten watervoerende pakketten treedt geen vrije grondwaterspiegel op en hoeft de stijghoogte dus niet gelijk te zijn aan die van het freatische pakket.
verzadigde zone	-	het gedeelte van de bodem waarin de poriën van de grond geheel met water zijn gevuld.



figuur 0.4. drooglegging en ontwateringsdiepte.

0.3. organisatie van de waterbeheersing in Nederland.

De waterbeheersing in Nederland is verdeeld over een groot aantal organisaties. Naast het rijk, de provincies en de gemeenten zorgen met name de water- en zuiveringsschappen voor het kwantitatief en kwalitatief beheer van het water.

In stedelijke gebieden ligt de zorg voor de kwantitatieve beheersing van het oppervlaktewater in het algemeen bij de waterschappen, maar in een groot aantal uitzonderingsgevallen bij de gemeente. Indien de gemeente het beheer voor het oppervlaktewater (de grachten, singels, kades en bijbehorende kunstwerken) van het schap heeft overgenomen, spreekt men van ontpoldering. Het nationaal beleid inzake de taakverdeling tussen de waterschappen en gemeentes is er op gericht deze ontpoldering weer zoveel mogelijk terug te draaien. De gemeentes en individuele eigenaren dragen dan zorg voor de ontwatering van de percelen en in niet ontpolderde gebieden dragen de schappen de verantwoordelijkheid voor de afwatering uit de stad. In onderling overleg tussen gemeente en schap kan de ontpoldering gehandhaafd blijven, de gemeente blijft dan verantwoordelijk voor de ontwatering én de afwatering.

De kwaliteitszorg voor het oppervlaktewater ligt, behalve in de gemeente Amsterdam, altijd bij een schap of bij de provincie.

Op nationaal niveau is de Wet op de Waterhuishouding de basis voor de coördinatie van het waterbeheer. Volgens deze wet moeten de provincies een provinciaal waterhuishoudingsplan op stellen waarin per regio wordt aangegeven wat de functies van het oppervlakte- en grondwater zijn, en hoe deze functies middels het beheer van gemeentes en schappen zo goed mogelijk gewaarborgd kunnen worden.

Dit provinciaal waterhuishoudingsplan vervangt het grondwaterplan, het waterkwaliteitsplan en het waterkwantiteitsplan. Het nieuwe provinciale waterhuishoudingsplan heeft raakpunten met de streekplannen, met de milieubeleidsplannen en met het beleidsplan Natuur en landschap.

Ten aanzien van het stedelijk grondwater zijn naast de wet op de waterhuishouding, ook de Grondwaterwet en de wet bodembescherming van belang. De Grondwaterwet regelt het beleid inzake vergunningen voor grondwateronttrekkingen of -infiltraties. Niet geregeld is welke instantie de zorgplicht heeft voor het handhaven van een bepaalde grondwaterstand in de stad. Waar het oppervlaktewater op basis van peilbesluiten kwantitatief beheerd wordt door gemeente of schap, gelden voor het grondwaterbeheer geen vergelijkbare regelingen.

Volgens de huidige beleidsuitgangspunten van de rijksoverheid dient deze kwestie in gezamenlijk overleg tussen de waterschappen en gemeentes te worden geregeld. Hierbij treedt de provincie als coördinator op. Nieuw in het beleid is dat bestemmingsplannen en waterbeheersplannen getoetst zullen worden aan de wijze waarop de ontwaterings- en afwateringssituatie in onderlinge samenhang zijn ingericht.

tabel 1.1. wetten en plannen in de waterhuishouding.

WETTEN		TAKEN EN PLANNEN			
		HOGERE OVER- HEID	SCHAPPEN	GEMEENTE	EIGENAAR
ALGEMEEN	Wet op de Ruimtelijke Ordening Waterschapswet	opstellen nationale structuurschema's, goedkeuringsbeleid tav gemeentelijke plannen	beheer van wegen, waterlopen, waterkeringen, zuiveringsinstallaties	opstellen bestemmingsplannen en onderhoudsbeleids plannen; bouwrijpmaken van terreinen.	grondgebruik volgens bestemmingsplan
kwaliteits-beheer: 1. oppervlakte-water	Wet op de Waterhuishouding Wet Verontreiniging Oppervlakte-water	opstellen Nationale Nota Waterhuishouding. opstellen provinciaal waterhuishoudingsplan.	schap beheert kwaliteit oppervlaktewater in niet ontpolderde gebieden zuiveringstaak tav afvalwater	opstellen rioleringsplan; integraal afvalwaterafvoerplan. Inzameling en transport van overtollige neerslag en afvalwater naar zuivering.	alleen lozen van huishoudelijk afvalwater op riool; geen lozingen op oppervlaktewater zonder vergunning;
	2. grond-water Wet Bodembescherming	provinciaal waterhuishoudingsplan is basis voor vergunningen voor onttrekkingen of infiltraties. Begeleiden van saneringen.		in kaart brengen van de bodemverontreinigingen. opstellen van rioleringsbeheersplan	verbod om grondwater af te pompen zonder vergunning
kwantiteits-beheer: 1. oppervlakte-water	Wet op de Waterhuishouding	provinciaal waterhuishoudingsplan is basis voor vergunningenbeleid.	op basis van peilbesluiten of wateraccoord. waterschap heeft afwateringstaak voor niet ontpolderde gebieden.	opstellen van gemeentelijk waterkwantiteitsplan. gemeente heeft afwateringstaak in ontpolderde gebieden.	
	2. grond-water Wet op de Waterhuishouding Grondwaterwet	provinciaal waterhuishoudingsplan is basis voor vergunningenbeleid.		onderzoek verrichten naar grondwaterstanden. Ontwatering van openbare terreinen. Bieden van lozingsmogelijkheden voor particulieren t.b.v. perceelsontwatering	zorgdragen voor de ontwatering van het eigen perceel

HOOFDSTUK 1

OPZET VAN DE STUDIE

1.1. INLEIDING.

In onze woonomgeving is water een niet weg te denken factor. Dit geldt zowel voor de aanvoer van goed drinkwater als voor de afvoer van bijvoorbeeld regenwater. De huizen worden alom omringd door water; te denken valt aan water in de grachten, water in plassen op straat en het grondwater.

Alle vormen van water in de woonomgeving dienen beheerst te worden opdat er geen overlast optreedt. Het regenwater dat op de daken, straten, tuinen en plantsoenen valt, wordt gedeeltelijk via de riolering en via het open water afgevoerd. Een ander gedeelte van de neerslag infiltreert in de grond en voegt zich bij het grondwater. Door deze natuurlijke aanvulling van het grondwater zal de grondwaterstand stijgen. In de grond wordt het water opgenomen door de wortels van de planten of het stroomt door de grond naar open water of drainagevoorzieningen, waardoor het teveel aan grondwater weer afgevoerd wordt. Op deze wijze draagt ook het grondwater bij aan de stedelijke hydrologische kringloop. (zie figuur 0.1.).

Het grondwater is een onderdeel van het water in de woonomgeving waarvan men niet zo snel zou vermoeden dat het zoveel overlast kan veroorzaken. Toch hebben meerdere onderzoeken aangetoond dat juist dit onzichtbare water in de bodem onder en rond de huizen vaak de oorzaak is van een scala aan problemen. In de van overheidswege opgestelde derde Nota waterhuishouding is aangegeven dat meer dan 150.000 woningen ofwel ruim 3% van de woningen in Nederland overlast ondervinden van grondwater. Naast overlast als gevolg van te hoge grondwaterstanden, kunnen ook te lage grondwaterstanden tot problemen leiden.

Uit een onderzoek van de Nationale Woningraad blijkt dat in 1 op de 5 woningen in Nederland hinder hebben van een te hoge vochtigheid in de woning.

De doelstelling van de Derde Nota Waterhuishouding is 50% van de probleemsituaties te saneren vóór 1995. In het jaar 2000 moet de grondwateroverlast in de stedelijke gebieden tot het verleden behoren. Hiervoor zullen vanuit de overheid richtlijnen worden opgesteld. Voordat deze richtlijnen tot concrete oplossingen kunnen leiden, zal ook vanuit de zijde van de direct betrokkenen zoals bewoners en eigenaren van de woningen, moeten worden meegedacht over oorzaken, oplossingen en verdeling van de kosten.

Door een juiste beheersing van de grondwaterstand kunnen een groot aantal problemen vermeden worden. Echter niet in alle gevallen zullen vochtproblemen in de woning hierdoor verdwijnen. Ook bouwtechnische maatregelen of veranderingen in het bewonersgedrag kunnen noodzakelijk blijken. Om tot een afdoende oplossing te komen is derhalve een integrale studie naar de oorzaken en de gevolgen van de klachten noodzakelijk. Een juiste aanpak van de problemen kan slechts tot stand komen nadat een gedegen inzicht is verkregen in de bronnen, de transportmechanismen en de onderlinge verhoudingen tussen de factoren in de water- en vochthuishouding van de woning en haar omgeving.

Voor de oplossing van de vocht- en grondwateroverlast dient er naast de technische aspecten ook inzicht te zijn in bestuurlijke en juridische aspecten. In ons land waar al van oudsher het water in bijna al haar facetten wordt beheerst met wettelijke regelgeving, is de verantwoording voor het beheersen van de grondwaterstand in stedelijke gebieden niet expliciet aan een instantie toebedeeld. In de afgelopen jaren is een groot aantal problemen gerezen voor bewoners die soms letterlijk het water tot aan hun enkels hebben staan, maar die door deze leemte in de regelgeving weinig of geen gehoor vinden voor hun klachten. Instanties willen niet graag aansprakelijk zijn vanwege grote financiële consequenties.

1.2. PROBLEEMVERKENNING.

Vochtproblemen in een woning kunnen het gevolg zijn van uiteenlopende oorzaken. Naast de mogelijke directe oorzaken voor een bepaalde klacht, zijn er nog vele indirecte, achterliggende oorzaken mogelijk. Om voor een bepaald probleem een passende oplossing aan te kunnen geven, is het noodzakelijk dat eerst een goed inzicht wordt verkregen in de relevante processen die van invloed zijn op de water- en vochtuishouding rond en in de woning.

De grondwaterstand is daarbij niet altijd, maar wel vaak een belangrijke factor. Ten aanzien van een onjuiste grondwaterstand zijn de klachten van bewoners voornamelijk terug te voeren op ruwweg drie hoofdproblemen:

- *slechte begaanbaarheid van tuinen, speelterreinen en plantsoenen;*
- *te hoge lucht- en materiaalvochtigheid in de woning;*
- *aantasting van huisraad en (constructie)-onderdelen van de woning.*

De grondwaterproblemen kunnen zich, indien er sprake is van een te hoge grondwaterstand, uiten in een te hoog vochtgehalte in de woning. De daaruit voortvloeiende gevolgen zijn bijvoorbeeld schimmelvorming in de woning en een ongunstig energieverbruik. Indien de grondwaterstand te hoog is kunnen kelders vollopen en kruipruimtes blank komen te staan. Een te hoge grondwaterstand maakt tuinen slecht begaanbaar en doet de wortels van bomen doen afsterven.

Lage grondwaterstanden op zich hoeven geen problemen op te leveren mits hiermee rekening is gehouden bij de aanlegdiepte van houten paalfunderingen.

Samenvattend zijn er dus twee groepen van problemen die in de onderliggende studie aan de orde komen:

- Onvoldoende beheersing van de vocht- en waterhuishouding in en rondom de woning.
- Onvoldoende bestuurlijk/juridische regelgeving en organisatorische problemen bij de sanering van de overlast.

Palen en kespen van houten funderingen kunnen echter gaan rotten wanneer deze zich door verlaging van de grondwaterstand gedurende langere tijd niet meer onder de grondwaterspiegel bevinden. Daarnaast kan verlaging van de grondwaterstand ongelijke zetting van de bodem, of door het ontstaan van negatieve kleeft aan de fundering een extra belasting teweegbrengen wat mogelijk leidt tot scheuren in de muren of het klemmen van deuren en ramen. Indien de grondwaterstand gedurende langere tijd verlaagd blijft, kunnen planten gaan verdrogen. Wie voor bovenstaande problemen een oplossing wil aandragen, zal zich naast de technische achtergronden ook moeten verdiepen in de wijze waarop de oplossing technisch en bestuurlijk gerealiseerd kan worden. Deze aanpak is te verdelen in een aantal stappen. In de eerste plaats is het van belang om de klachten te specificeren naar aard, plaats en tijdstip of -duur van voorkomen. Daarna moeten de oorzaken opgespoord worden. Hiervoor is vaak gespecialiseerd, en dus duur, onderzoek noodzakelijk. Het kan daarom van belang zijn dat de krachten gebundeld worden in een (tijdelijke) organisatie. Na het onderzoek naar de oorzaken dienen de mogelijkheden voor oplossingen afgewogen te worden tegen de belangen van alle betrokkenen. Te vaak is in het verleden te weinig aandacht besteed aan de organisatie van de methode die tot de voor iedereen aanvaardbare oplossing moet leiden. De gevolgen zijn dan meestal dat de oplossing slecht voldoet, of dat de kosten onevenredig zijn verdeeld.

1.3. DOEL VAN HET ONDERZOEK.

Het hoofddoel van het onderzoek betreft het aangeven van oplossingen voor bovenstaande problematiek. Hiertoe moeten de oorzaken achter de klachten van bewoners inzichtelijk gemaakt worden door analyse van de relevante processen binnen de vocht- en waterhuishouding van de woning en van de directe omgeving. De precieze oorzaken zullen in de praktijk bepaald moeten worden op basis van onderzoek ter plaatse van de woningen. De aspecten die bij een dergelijk onderzoek aan de orde moeten komen, worden in het rapport aangegeven.

Vanuit het overzicht van mogelijke oorzaken worden basisoplossingen afgeleid. Deze basisoplossingen zijn deels bouwkundig en deels waterhuishoudkundig van aard. De aan te dragen maatregelen hebben betrekking op de bronnen, transportmechanismen en effecten van de vocht- en waterhuishouding rond en in de woning. Een aantal mogelijkheden voor een betere beheersing van de vocht- en waterhuishouding zal worden uitgewerkt en geëvalueerd naar effectiviteit, toepasbaarheid en eventuele neveneffecten.

Naast de technische oplossingen voor grondwaterproblemen in de woonomgeving, zal ook worden aangegeven op welke wijze een gedupeerde (groep van) bewoner(s) een voor alle partijen bevredigende oplossing kan bereiken.

Het onderzoek heeft als belangrijk uitgangspunt dat de resultaten ervan bruikbaar moeten zijn voor bewoners(groepen). Dit betekent dat met name voor die knelpunten welke de doelgroep in de woonomgeving ervaart, oplossingen aangegeven dienen te worden. Deze oplossingen moeten dus praktisch gericht zijn op zowel het gebied van de vocht- en waterhuishouding, als op het gebied van de bestuurlijke en juridische regelgeving.

In de onderliggende studie is met name ingegaan op kwantitatieve vocht- en grondwaterproblemen in de woonomgeving. Dit betekent dat de oorzaken, gevolgen van en oplossingen voor onjuiste hoeveelheden vocht of water in, respectievelijk rond, de woning zijn bestudeerd. De gevallen waarbij de kwaliteit van het grondwater in het geding is, zijn alleen in de studie betrokken indien er een duidelijke relatie is met een kwantitatief probleem. Dit is bijvoorbeeld het geval als verontreinigd grondwater zich dreigt te verspreiden ten gevolge van de voorgestelde kwantitatieve beheersmaatregelen. Op de sanering van de verontreinigingen zelf zal in het bestek van deze studie niet worden ingegaan.

Ten aanzien van de regelgeving omtrent de procedure van de sanering van de vocht- en/of grondwateroverlast kunnen nog geen definitieve uitspraken worden gedaan omdat deze regelgeving ten tijde van dit onderzoek nog niet volledig was uitgekristalliseerd. Daarom zal moeten worden volstaan met het aangeven van de te verwachten ontwikkelingen.

Samengevat beoogt dit rapport een leidraad te zijn voor degenen die zich diepgaand in de problematiek van vocht- en grondwateroverlast in de woonomgeving willen (of moeten) verdiepen. Dit niet alleen om klachten beter te kunnen analyseren, maar vooral om bruikbare oplossingen aan te dragen en tevens bij te kunnen dragen in de besluitvorming omtrent de uiteindelijke vorm van de oplossing, zowel technisch, bestuurlijk als financieel.

1.4. OPZET VAN RAPPORTAGE.

Deze rapportage is in vier hoofddelen te onderscheiden.

Het eerste deel (hoofdstuk 2) behandelt de inventarisatie van de klachten en knelpunten zoals de bewoners deze ervaren.

Om te bepalen waar de doelgroep de meeste problemen ervaart, is een inventarisatie gehouden onder diverse organisaties die bewoners (groepen) vertegenwoordigen, zoals wijkopbouworganen, woningbouwverenigingen, huurdersorganisaties en gemeenten. Daarnaast is dankbaar gebruik gemaakt van eerder uitgevoerde inventarisaties van zowel het Rijk als Provinciale diensten. Vanuit al deze inventarisaties is een overzicht opgesteld van knelpunten welke het meest leven onder de bewoners van huizen met (vermoede) grondwateroverlast.

Het tweede deel (hoofdstuk 3) geeft vanuit de klachten een opsomming van potentiële oorzaken.

Dit heeft geresulteerd in een overzicht van bronnen, transportprocessen, effecten en externe factoren die de vocht- en waterhuishouding in en rond de woning beschrijven.

Speciaal is ingegaan op de factoren die de grondwaterstand beïnvloeden. Dan volgt een overzicht van mogelijkheden voor onderzoek om te bepalen in welke mate vermoedelijke oorzaken bijdragen aan het probleem. Dit hoofdstuk wordt afgesloten met een schematisch overzicht van mogelijke relaties tussen klachten en oorzaken.

Het derde deel (hoofdstuk 4) geeft technische basisoplossingen voor de bestrijding van de verscheidene aspecten van de oorzaken.

Aan het begin van hoofdstuk 4 wordt aangegeven op welke wijze uit de technisch mogelijke (deel-)oplossingen het voor een bepaalde situatie ideale pakket van maatregelen gekozen kan worden.

Deze (deel-)oplossingen hebben betrekking op zowel waterhuishoudkundige als bouwtechnische maatregelen in en rondom de woning. Vanuit deze principe-oplossingen kan een combinatie van maatregelen gegenereerd worden waarmee een groot aantal problemen effectief wordt bestreden.

Het vierde deel (hoofdstuk 5) is bedoeld als leidraad voor de organisatie rondom de saneringsprocedure.

Dit deel bestaat uit aanwijzingen voor een zo efficiënt mogelijk verloop van de weg die naar de oplossing van de problemen moet leiden. Daarbij is aangegeven welke bestuurlijke en juridische randvoorwaarden, in de vorm van de bestaande wetten en regelingen, bij deze procedure een rol spelen. Voor een efficiënt verloop van de sanering is een fasering voorgesteld.

Dit deel sluit de rapportage af met een voorstel voor een taakverdeling tussen de betrokken partijen zowel voor en tijdens de sanering als daarna, in de beheersfase.

HOOFDSTUK 2

INVENTARISATIE VAN DE KNELPUNTEN

DIT HOOFDSTUK GEEFT EEN OVERZICHT VAN DE KLACHTEN VAN BEWONERS TEN AANZIEN VAN PROBLEMEN IN DE WOONOMGEVING ALS GEVOLG VAN (VERMEENDE) ONJUISTE GRONDWATERSTANDEN. DIT OVERZICHT IS SAMENGESTELD UIT DIVERSE INVENTARISATIES DIE NAAR DEZE PROBLEMATIEK ZIJN UITGEVOERD. DE RESULTATEN VAN DIE INVENTARISATIES ZIJN AANGEVULD MET INTERVIEWS MET VERTEGENWOORDIGERS VAN BEWONERS (WIJKOPBOUWORGANEN, HUURDERSORGANISATIES, WONINGBOUWVERENIGINGEN EN OVERHEDEN). VOOR HET OVERZICHT ZIJN DE KNELPUNTEN INGEDEELD IN DRIE GROEPEN. DEZE ZIJN ACHTEREENVOLGENS "DE RUIMTELIJKE SPREIDING VAN DE OVERLAST", "DE AARD VAN DE KLACHTEN" EN "DE PROCEDURE VOOR DE SANERING VAN DE PROBLEMEN". AAN HET EIND VAN DIT HOOFDSTUK ZIJN TWEE PRAKTIJKVOORBEELDEN BESCHREVEN.

2.1. VOORKOMEN VAN GRONDWATER- EN VOCHTOVERLAST

- 2.1.1. nationaal
- 2.1.2. regionaal
- 2.1.3. lokaal

2.2. RUBRICERING VAN DE TECHNISCHE PROBLEMEN

- 2.2.1. te vochtige woningen
- 2.2.2. verhoging van de grondwaterstand
- 2.2.3. verlaging van de grondwaterstand

2.3. DE SANERINGSPROCEDURE

- 2.3.1. erkenning van het probleem
- 2.3.2. bestuurlijke regelgeving
- 2.3.3. aansprakelijkheid
- 2.3.4. gerealiseerde oplossingen

2.4. TWEE PRAKTIJKVOORBEELDEN

- 2.4.1. een kleine, landelijke gemeente
- 2.4.2. een oude wijk in het centrum van een grote stad

2.1. VOORKOMEN VAN GRONDWATER- EN VOCHTOVERLAST.

In deze paragraaf wordt ingegaan op de omvang en ruimtelijke verspreiding van de problemen. Ten aanzien van deze problematiek kan een onderscheid worden gemaakt tussen enerzijds oude en nieuwe wijken en anderzijds tussen het Westen en het Oosten van ons land. Deze globale indeling is gebaseerd op de verschillende oorzaken van de problemen. Achtereenvolgens zal naar het nationale, regionale en lokale schaalniveau worden gekeken.

2.1.1. nationaal.

KNELPUNTEN:

- 1 Miljoen woningen met vochtoverlast
- 200.000 woningen met grondwateroverlast

In 1983 is in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer een onderzoek uitgevoerd naar de omvang van het aantal woningen met vochtoverlast. Daarin is naar voren gekomen dat ongeveer een miljoen woningen, oftewel zo'n 20% van het Nederlandse woningenbestand, regelmatig geconfronteerd worden met *vochtoverlast*. De oorzaken van deze vochtoverlast bleken zowel te maken te hebben met bouwtechnische onvolkomenheden, als met een hoge grondwaterstand.

In een in 1988 voor Rijkswaterstaat uitgevoerde studie naar de omvang van de grondwateroverlast in het stedelijk gebied van Nederland is geconcludeerd dat 3% overlast ondervindt van te hoge grondwaterstanden. (Dijkmeester, 1988). Bij deze inventarisatie is uitgegaan van de cijfers die door 54 gemeenten beschikbaar zijn gesteld.

Hier blijkt onder andere uit dat vochtoverlast in de woning niet noodzakelijkerwijs een gevolg is van hoge grondwaterstanden rondom de woning.

In een aantal gebieden is men al zo gewend geraakt aan het regelmatig optreden van te hoge grondwaterstanden dat men hier niet meer klaagt en dat men het probleem als "overmacht" heeft geaccepteerd. Dit geldt bijvoorbeeld voor de gebieden langs de grote rivieren waar als gevolg van de hoge rivierwaterstanden de huizen in de directe omgeving van de rivier periodiek water- en vochtoverlast hebben.

Daarnaast is als gevolg van onbekendheid met de gevolgen van grondwateroverlast bij een deel van de bewoners niet bekend dat hun problemen zijn terug te voeren op de genoemde oorzaak. Dit kan tot een onderschatting van de omvang van de problematiek leiden. Al met al lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat zich in heel Nederland 150.000 tot wellicht zo'n 200.000 woningen met *grondwateroverlast* bevinden.

Grondwateroverlast blijkt in bijna alle delen van Nederland voor te komen. Hoewel vaak gedacht wordt dat de problematiek voornamelijk in het westen van het land optreedt als gevolg van de voor bebouwing ongeschikte bodemopbouw aldaar, wordt ook in de hogere delen van het land zoals in het oosten overlast ondervonden.

In het Westen van Nederland ondervindt men voornamelijk grondwateroverlast als gevolg van onvoldoende bouwrijpmaken van de grond, zowel in oude als in nieuwe stads-gedeelten. De oude steden zijn vaak onvol-doende hoog opgehoogd, ook is soms voor ontwatering ongeschikt materiaal voor de ophoging gebruikt.

In verband met het veelvuldig voorkomen van funderingen op houten palen in de oude wij-ken van de steden in het westen van het land, worden de grondwaterstanden hier liever aan de hoge kant gehouden uit vrees voor aantasting en rotting van deze houten funderingen bij te lage grondwaterstanden.

De nieuwere uitbreidingen worden helaas ook nogal eens gekenmerkt door hoge grond-waterstanden als gevolg van onvoldoende inzicht in de geohydrologische processen ter plaatse in relatie met de wijze van bouwrijp-maken.

Daarnaast treden in oude wijken vaak proble-men op als gevolg van rioolrenovatie. De oude riolering was meestal lek waardoor grondwater via de riolering werd afgevoerd uit het gebied. Na de renovatie kan, door het beëindigen van deze afvoer, de grondwater-stand tot onaanvaardbare hoogte stijgen.

In de riviergebieden wordt regelmatig overlast van hoge grondwaterstanden ondervonden als gevolg van de periodieke hoge rivier-waterstanden.

In het Oosten van het land blijkt grondwater-overlast ook op grote schaal voor te komen. Een groot aantal nieuwbouwwijken zijn vaak aangelegd in de lagere gebieden in of rond de stad, omdat de voor woningbouw meer ge-schikte delen al bebouwd waren. Hierbij komt dat de zeventiger jaren relatief droge jaren waren. In die periode zijn veel nieuwbouw-wijken in een hoog tempo gerealiseerd, waar-bij weinig aandacht was voor de waterhuishoudkundige kwaliteit van het bouw- en woonrijpmaken. In de relatief nat-tere tachtiger jaren ontstonden problemen zowel ten gevolge van de (geo)hydrologische situatie, als door een tekort aan ontwater-ingsmiddelen.

De problematiek is in een aantal gevallen gerelateerd aan het stopzetten van grond-wateronttrekkingen ten behoeve van indus-trie. De oude steden behielden een lage grondwaterstand als gevolg van de vaak forse grondwateronttrekkingen in en rond de stad. Toen deze industrie door diverse oor-zaken minder grondwater ging gebruiken, begon de grondwaterstand te stijgen. De grondwaterstijging bedraagt in sommige plaatsen bijna twee meter, zodat kelders vol zijn gelopen en kruipruimtes blank kwamen te staan.

tabel 2.1. percentage woningen met vochtoverlast als gevolg van hoge grondwaterstanden per deelgebied. (bron: Dijkmeester)

langs de grote rivieren	:	2.5	%	(22.000 wngn.)
grote hoogteverschillen	:	6	%	(13.000 wngn.)
ongunstige grondslag	:	4.5	%	(110.000 wngn.)
zandgrond zonder grote hoogteverschillen	:	1	%	(19.000 wngn.)
totaal	:	3	%	(165.000 wngn.)

2.1.2. regionaal.

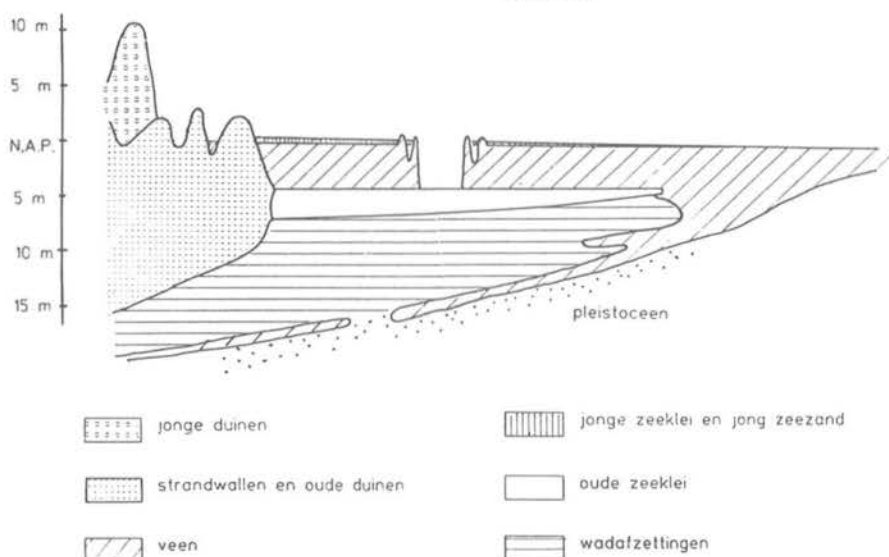
KNELPUNTEN:

- voor bebouwing ongunstige geohydrologische situatie
- onvoldoende bouwrijp gemaakt bouwterrein
- wijzigingen in het kwel- of wegzijgingspatroon

Grondwateroverlast komt in heel Nederland voor. Op basis van de verschillen in plaatselijke geohydrologie is een onderscheid te maken naar de mate waarin bepaalde oorzaken overheersend zijn in bepaalde regio's. De regionale geohydrologische situatie wordt bepaald door aspecten als bodemopbouw, verloop van het maaiveld en de mate waarin bepaalde gebieden invloed ondervinden van kwel, inzijging of zijdelingse toestroming. Het zou te ver voeren om alle regionale geohydrologische aspecten te koppelen aan de mate waarin deze de grondwateroverlast bepalen. De verschillen van geval tot geval zijn daarvoor te groot. Volstaan wordt met het schematisch aangeven van een aantal typerende situaties waarvan bekend is dat in deze gebieden veel grondwateroverlast optreedt.

Gebieden met een slechte doorlatendheid van de ondergrond:

De klei- en veengronden in het Zuidwesten, Westen en Noorden van Nederland kenmerken zich door de slechte doorlatendheid van de ondergrond. Het gevolg hiervan is dat geïnfiltreerde neerslag moeilijk uit de grond is af te voeren. Met name de na-oorlogse uitbreidingen rond de grote steden zijn vaak op voor bebouwing slecht geschikte gronden uitgevoerd omdat de betere delen al bebouwd waren. Mede door de vaak relatief lage ligging van deze gebieden en door het gebruik van onjuist, vaak slecht doorlatend, ophoogmateriaal, wordt hier vaak overlast van te hoge grondwaterstanden ondervonden. Bijna de helft van de Nederlandse woningvoorraad staat in deze gebieden. In bijna alle gemeenten in de randstad kampt men met deze problemen.



figuur 2.1. bodemopbouw West-Nederland.

Gebieden met een sterke relatie tussen het diepe en ondiepe grondwater:

In grote delen van Nederland kunnen in de bodemopbouw meerdere lagen of grondpakketten onderscheiden worden. Deze bestaan uit watervoerende lagen welke van elkaar gescheiden zijn door slechtdoorlatende lagen. (zie figuur 2.1. en 0.2.a.) Een kenmerkende bodemopbouw in dit soort gebieden is:

vanaf het maaiveld eerst een laag ophoogzand dat goed doorlatend zou moeten zijn met daarin het ondiepe of freatische grondwater; hieronder een slechtdoorlatende klei/veen laag (het samengeperste oorspronkelijke maaiveld) en daar onder weer een zandige laag welke weer beter doorlatend is. Deze laatste laag bevat het diepe of gedeeltelijk afgesloten grondwater.

Hieronder kunnen zich nog meerdere lagen bevinden welke echter voor de grondwaterpiegel in de bovenste laag in het algemeen minder betekenis hebben. Van belang voor eventuele verticale uitwisseling van grondwater tussen deze gescheiden grondlagen zijn de weerstand voor waterstroming van de scheidende laag en het drukverschil. Dit drukverschil wordt uitgedrukt in het verschil in stijghoogte in de beide pakketten.

(zie figuur 0.2.)

Indien de stijghoogte van het grondwater in de onderste laag hoger is dan die van het freatische grondwater kan een omhoog gericht stroming optreden, dit noemt men kwel; in het omgekeerde geval spreekt men van inzijging. De stedelijke gebieden in de diepe polders als de Alexander- of Haarlemmermeerpolder hebben alle in meer of mindere mate een toevoer naar het freatische grondwater vanuit de diepere watervoerende lagen. In de veenpolders als de Alblasserwaard, Krimpenerwaard en andere waarden vindt hoofdzakelijk inzijging plaats.

In die gebieden waar de slechtdoorlatende laag dun of relatief doorlatender is, mogen we verwachten dat de stand van het ondiepe grondwater sterk beïnvloed wordt door het wijzigen van de druk (stijghoogte) van het diepe grondwater. Hierbij valt te denken aan het stopzetten van diepe grondwateronttrekkingen bijvoorbeeld van de industrie, of de drinkwatervoorziening of aan het starten van infiltratie. Door de toename van de kwel of afname van de inzijging zal in de genoemde gebieden de grondwaterstand stijgen. Als hiermee bij het ontwerp van het waterbeheersingssysteem onvoldoende rekening is gehouden, kan een dergelijke wijziging in het kwel- of inzijgingspatroon tot een onaangename stijging van de grondwaterstand leiden.

Gebieden met relatief grote hoogteverschillen:

Deze gebieden bevinden zich bij de duinen en in het oosten en midden van het land. Deze gebieden ondervinden na perioden met hevige neerslag, een grote ondergrondse toestroming van freatisch grondwater naar de lagere delen. Uiteraard heeft deze toestroming gevolgen voor de grondwaterstand. In deze gebieden is de doorlatendheid voor waterstroming in de ondergrond vaak hoog waardoor het effect nog toeneemt. In sommige gevallen heeft men in deze gebieden ook nog te maken met vermindering of beëindiging van grondwateronttrekkingen, waardoor het probleem wordt versterkt. Kenmerkende plaatsen in dit soort gebieden met grondwateroverlast zijn op kaart 2.1. aangegeven. (volgende pagina)

Men treft hier vaak een onderscheid aan tussen oude en nieuwe stadswijken. De oude wijken zijn meestal gebouwd op de hogere delen, terwijl de latere uitbreidingen gerealiiseerd moesten worden op de lagere, meer gevoelige delen rondom de stad.



kaart 2.1. geohydrologisch kenmerkende gebieden

- | | |
|---|--|
| 1. gebieden langs de grote rivieren. | 3. gebieden met een slechte doorlatendheid. |
| 2. gebieden met relatief grote hoogteverschillen. | 4. zandgronden zonder grote hoogteverschillen. |

2.1.3. lokaal.

KNELPUNTEN:

- grote diversiteit aan oorzaken voor grondwater- en vochtproblemen
- ruimtelijke spreiding van klachten erg diffuus
- in oude wijken moeilijk één grondwaterpeil vast te stellen

De ondergrond van Nederlandse steden wordt gekenmerkt door een enorme diversiteit qua opbouw en samenstelling. Complicerend is de aanwezigheid van infrastructuur: damwand-schermen, tunnels, riolering en dergelijke. Hierdoor kunnen problemen als gevolg van onjuiste grondwaterstanden zich erg lokaal voordoen. Als gevolg van de grote verscheidenheid aan oorzaken kan het aantal woningen in een wijk dat problemen ondervindt variëren van sporadische gevallen tot de complete wijk.

Deze verschillen in voorkomen en spreiding binnen een wijk kunnen een eerste indicatie geven van mogelijke oorzaken van de overlast. Indien een hele wijk regelmatig geconfronteerd wordt met overlast, en deze vrijwel gelijktijdig een aanvang heeft genomen, is de achterliggende oorzaak meestal te vinden in het bouwrijp maken van de wijk. Dit laatste geldt met name voor de nieuwe wijken.

De wijken waarin slechts sporadisch klachten voorkomen ten aanzien van grondwateroverlast, zijn vaak wijken met een grote diversiteit binnen de aanleghoogte, type en bouwtechnische kwaliteit van de woningen. Dit zijn met name de wijken in het centrum van de stad of daar direct omheen. De bouwkundige staat van de individuele woningen in relatie met de gestegen grondwaterstand is in deze gevallen bepalend voor de mate van overlast. In wijken waar de huizen in verschillende perioden zijn gebouwd, of zijn vervangen door latere inbreidingen, is het vaak moeilijk om een bepaald grondwaterpeil vast te leggen dat voor alle percelen acceptabel is, dit omdat de aanlegdiepte van kruipruimten of funderingen niet op elkaar is afgestemd.

In stadsvernieuwinggebieden waar slechts gedeelten van een wijk worden gesaneerd, ontstaan zo verschillen in ontwateringsdiepte waarbij de extra toevoer van water van de hoge naar de lagere gedeeltes van het gebied extra problemen kan opleveren.

Uit de inventarisatie van de Provincie Noord-Holland onder de gemeenten en waterschappen in deze provincie is gebleken dat de wijken waar grondwateroverlast werd geconstateerd overwegend klein van omvang zijn. In 25% van het totale aantal wijken in de provincie staan woningen met klachten over grondwateroverlast. Hiervan bestaat de helft uit minder dan 1000 woningen. Daarnaast bleek uit deze enquête dat in het merendeel van de wijken met grondwateroverlast, de problematiek zich maar bij enkele woningen voordoet. Van de 116 wijken met grondwateroverlast betreft bij 40 wijken het aantal woningen met overlast minder dan 2%. Die wijken waarbij relatief veel woningen grondwateroverlast ondervinden, zijn in het algemeen kleine wijken. Dit betekent dat voor de sanering van de overlast van enkele woningen, relatief grote investeringen gedaan moeten worden, omdat de waterhuishouding vaak op wijkniveau is afgestemd.

Bij deze uitkomsten kan wel de vraag gesteld worden of de gemeenten voldoende inzicht in de omvang van de problematiek hebben. De aantallen woningen met grondwateroverlast zijn immers meestal alleen gebaseerd op het aantal klachten van bewoners dat bij de gemeente bekend is. De gemeenten zou dien-aangaande aanbevolen moeten worden meer onderzoek te verrichten naar het voorkomen van de problematiek.

2.2. RUBRICERING VAN DE PROBLEMEN.

In deze paragraaf worden de meest voorkomende problemen zoals naar voren gekomen uit de inventarisaties, ingedeeld naar de fysische hoofdoorzaken. Aan de orde komen achtereenvolgens de gevolgen van een te hoge relatieve vochtigheid in de woning, van een verhoging van de grondwaterstand en van een verlaging van de grondwaterstand.

2.2.1. te vochtige woningen.

KNELPUNTEN:

- schimmelvorming op constructiedelen en huisraad
- stank
- psychosociale problemen
- allergene reacties en toename luchtwegaandoeningen
- verhoogd energieverbruik
- versnelde achteruitgang van de kwaliteit van de woning

De aanleiding voor het grootste gedeelte van de klachten over een te hoge grondwaterstand ligt in een te hoge relatieve vochtigheid in de woning. Indien de relatieve luchtvochtigheid van woonruimtes gedurende een groot gedeelte van het jaar boven de 70% bedraagt, is er een toenemende groei van schimmels op muren, meubilair en andere huisraad. Daarnaast neemt het aantal, van nature altijd al aanwezige, huisstofmijten en andere micro-organismen en plaagdieren toe in huizen met een relatieve luchtvochtigheid boven de 70%.

De hieruit voortkomende klachten zijn o.a. stank in de woning, overmatig optreden van gezondheidsproblemen aan de luchtwegen en allergene reacties. Daarnaast leidt de aanwezigheid van schimmels in de woning tot psychosociale klachten. De Landbouw Universiteit Wageningen heeft de relatie onderzocht tussen de vochtigheid van woningen en gezondheidsklachten ten gevolge van het voorkomen van allergene stoffen of luchtwegaandoeningen. Met name bij kinderen bleek deze relatie significant aanwezig te zijn.

De te hoge relatieve vochtigheid heeft ook tot gevolg dat de woning minder energiezuinig is. Door de verhoogde vochtigheid van de muren, vloeren en daken neemt de warmtegeleidingscapaciteit van deze wanden toe en daarmee het verlies aan warmte. Voor stenen muren betekent een toename van 1% van de relatieve materiaalvochtigheid een afname van de warmteweerstand met 1.25% en dus een dienovereenkomstige toename van het warmteverlies. Door de verdamping van water uit vochtige muren zal ook warmte aan deze muren onttrokken worden. Bovendien zal men eerder geneigd zijn de woning extra te ventileren, omdat regelmatig vocht op de ramen condenseert en men meer last heeft van onfrisse lucht in huis.

tabel 2.2. relatie vochtigheid woningen en gezondheidsklachten (A.P. Verhoeff, 1989).

LUCHTWEGKLACHTEN					
percentages optredende klachten bij volwassenen en kinderen in droge respectievelijk vochtige woningen					
VOLWASSENEN	DROOG	VOCHTIG	KINDEREN	DROOG	VOCHTIG
hoesten	8.5	25.7	hoest ochtend	10.3	25.0
slijm ophoesten	11.9	21.1	hoest dag/nacht	16.7	43.2
kortademigheid	17.2	25.4	kortademig	3.3	5.4
piepen	25.4	21.1	piepen	3.3	29.7
astma	10.2	15.5	loopneus	16.7	48.6
allergie	5.1	9.9	astma	0.0	2.7
tevreden	87.9	77.6	bronchitis	6.7	18.9
			longontsteking	3.3	16.2
CARA-totaal	22.4	36.6	allergie	6.7	24.3

Een onderschat gevolg van de te hoge relatieve vochtigheid in woningen is dat het onderhoud vaker dient te gebeuren. Een houten beganegrondvloer boven een te vochtige kruipruimte kan binnen een fractie van de normale levensduur zijn weggerot. De stijlen en dorpels van houten kozijnen zullen als gevolg van de hogere vochtigheid eerder opnieuw geschilderd moeten worden en het voegwerk van overdadig vochtige muren is meer blootgesteld aan vorstschade. Stucwerk en behang laten los of dienen als gevolg van schimmelgroei eerder vervangen te worden.

De oorzaken van de te hoge relatieve vochtigheid in woningen kunnen liggen in een te hoge grondwaterstand onder de woning, in de bouwtechnische staat van de woning, in het bewonersgedrag of in een combinatie van deze oorzaken. Een te vochtige woning is dus *niet noodzakelijkerwijs* een gevolg van een te hoge grondwaterstand.

2.2.2. verhoging van de grondwaterstand.

KNELPUNTEN:

- slechte begaanbaarheid onverharde gedeeltes van de woonomgeving
- zichtbaar water en te hoge vochtigheid in de kelder en/of kruipruimte
- verspreiding verontreinigingen ten gevolge van illegaal pompen door particulieren
- verminderde worteldiepte en groei van bomen en planten in tuinen en plantsoenen

Er is sprake van een te hoge grondwaterstand als dit de functie van de bodem ter plaatse belemmert. Deze functie kan bestaan uit het dragen van constructies als huizen of wegen, het afsluiten van de kruipruimte onder de woning, het bieden van groeimogelijkheden voor planten en bomen of als ondergrond van speel- of parkeerterreinen.

In woonwijken is het terrein soms voor de aanvang van de bouw opgehoogd. De functie van deze ophoging is het verbeteren van de draagkracht en het bereiken van voldoende afstand tussen het maaiveld en het grondwaterpeil. Een dergelijke ophoging wordt natuurlijk alleen aangebracht als de eigenschappen van de bodem onder het bestaande maaiveld in dit opzicht onvoldoende zijn.

Tenslotte is een belangrijke functie van de grond het beschermen van leidingen tegen vorst en beschadigingen.

Voor het goed functioneren van de taken die de bodem heeft, moet de grond van de juiste samenstelling zijn en moet er een zekere afstand zijn tussen het bodemoppervlak en de hoogste grondwaterstand. Deze verticale afstand heet de ontwateringsdiepte en is vastgelegd in normen afhankelijk van de functie die aan de bodem is toegekend. De meest gehanteerde norm betreft een stationaire norm (dus bij een constante belasting) voor een minimale ontwateringsdiepte bij een gegeven constante neerslagintensiteit.

Indien de ontwateringsdiepte onder de norm komt kunnen problemen verwacht worden, ook al treedt deze afwijking slechts één of enkele malen per jaar op. Zo kan een grondwaterstand die minder dan twintig centimeter onder de bodem van een kruipruimte ligt, er de oorzaak van zijn dat in deze kruipruimte doorlopend een relatieve luchtvochtigheid heerst van boven de 95%. Dit is een gevolg van de verdamping van het grondwater uit de kruipruimtebodemp naar de lucht hierboven. Een dergelijke hoge relatieve vochtigheid resulteert in een groot vochttransport van kruipruimte naar de woning en kan de in paragraaf 2.2.1 genoemde problemen in de woning veroorzaken. De lucht afkomstig van dergelijke kruipruimtes is vaak muff en bevat de eerdergenoemde allergenen.

Een vochtige kruipruimte veroorzaakt ook een versnelde corrosie van de aanwezige leidingen voor water, verwarming of gas.

Door de eigenschap van zand om een beperkte hoeveelheid water tegen de werking van de zwaartekracht in, boven de grondwaterspiegel vast te houden, zal bovengenoemde verdamping nog een aantal maanden doorgang vinden nadat de grondwaterstand weer gedaald is onder de twintig centimeter onder de bovenkant van deze zandlaag. Dus ook al treedt de verhoogde grondwaterstand maar enkele malen per jaar op, dan zal de relatieve vochtigheid in de kruipruimte toch gedurende het hele jaar te hoog zijn.

Een ander gevolg van te hoge grondwaterstanden is dat de begaanbaarheid van onverharde terreinen als tuinen en plantsoenen gedurende een groot deel van het jaar onvolgende is. In de wintermaanden zakt men weg in de soppige bodem en na een fikse regenbui blijft het terrein nog lang drassig. Dit is niet alleen vervelend voor degenen die zich op deze terreinen willen recreëren, het heeft ook gevolgen voor de diepte van de wortels van bomen. Jonge bomen zullen niet meer diep wortelen en de diepe wortels van oude bomen sterven af. Door deze geringe worteldiepte hebben de bomen minder houvast en zullen tijdens een storm eerder omwaaien.

Als ten gevolge van de verhoogde grondwaterstand kelders of kruipruimtes blank komen te staan, komt het nogal eens voor dat particulieren zelf gaan pompen. Dit is met het oog op mogelijke verspreiding van verontreinigingen een uiteraard ongewenst neveneffect van verhoogde grondwaterstanden in stedelijk gebied. Naast de directe schade voor de bewoner zelf, wordt de bewoner uiteindelijk ook geconfronteerd met de schade die bebouwing, beplanting, leidingen en bestrating ondervindt van langdurig hoge grondwaterstanden. Wegen leiden met name schade in de winter als gevolg van opvriezen indien de grondwaterstand te hoog is. Voor de verhoogde kosten voor onderhoud zullen de bewoners tenslotte opdraaien.

tabel 2.3. ontwateringsnormen

ACTIVITEIT OF BESTEMMING	STATIONAIRE DRAINAGE BEREKENING	
	ONTWATERINGS-DIEPTE	AFVOER
1. TIJDENS DE BOUWFASE	(m beneden mv)	
- aanleg van bouwwerken	0,60 - 0,70	
- aanleg PTT-kabels	0,50 - 0,60	
- aanleg primaire wegen	1,00	
- begaanbaarheid	0,50 - 0,70	
SAMENVATTEND TIJDENS DE BOUWFASE	0,70 - 0,80	10 MM/ETMAAL
2. TIJDENS DE WOONFASE		
- bouwwerken	0,70	
- kabels en leidingen	0,60 - 1,00	
- primaire wegen	1,00	
- secundaire wegen	0,70	
- industrie gebieden, centrumgebieden	0,70	
SAMENVATTEND TIJDENS DE WOONFASE	0,70	5 MM/ETMAAL
- tuinen, plantsoenen, parken	0,50	
- kampeerterreinen	0,50	
- begraafplaatsen	0,30 onder de kist	
- sportvelden	0,50	
NIET-STATIONAIRE DRAINAGEBEREKENING	0,70	1 overschrijding per jaar

2.3.3. aansprakelijkheid.

KNELPUNTEN:

- onvoldoende normen bouwrijpmaken opgenomen in koopcontract bouwgrond
- bewijzen van aantoonbare wanprestatie waardoor de schade is ontstaan
- grote financiële gevolgen bij acceptatie van aansprakelijkheid
- scheppen van precedents bij nemen van maatregelen door gemeente

Het is moeilijk te zeggen wie nu aansprakelijk gesteld kan worden voor geleden schade als gevolg van een bepaalde grondwaterstand. Ongeacht het feit of de grondwaterstand al vanaf de aanvang van de bouwwerkzaamheden te hoog of te laag was danwel dat de grondwaterstand zich door bepaalde ingrepen heeft gewijzigd.

In de eerste plaats is het zo dat de gemeente in het algemeen de plicht heeft om een bouwterrein bouwrijp op te leveren. Dit is echter nog geen garantie voor het te allen tijde kunnen beheersen van de grondwaterstand. De gemeente kan bijvoorbeeld bij het bouwrijpmaken aantoonbaar nalatig zijn geweest door het achterwege laten van een bodemonderzoek waardoor een ophooglaag van onvoldoende dikte is gerealiseerd. Wellicht is ze dan voor de schade als gevolg van de te geringe ontwateringsdiepte aansprakelijk te stellen.

Hierbij is evenwel een onderscheid te maken in conflicten tussen de gemeente en woningbouwcorporaties en conflicten tussen gemeente en particuliere grondeigenaren. De laatsten hebben in het algemeen een zwakkere onderhandelingspositie. De schade kan verhaald worden op de gemeente middels een privaatrechterlijke procedure mits in het koopcontract van de grond duidelijk is omschreven aan welke eisen het bouwrijpgemaakte terrein moet voldoen, zowel ten aanzien van de hoogte van het maaiveld als ten aanzien van de zorg voor de waterhuishouding. Helaas zijn deze eigenschappen in het algemeen moeilijk te omschrijven en blijven ze dan ook in de koopcontracten achterwege.

De tot nu toe gebruikelijke normering ten behoeve van het voorkomen van grondwateroverlast in de woonomgeving, sluit problemen zeker niet ten allen tijde uit.

Indien er schade aan de woning is ontstaan als gevolg van (tijdelijke) grondwaterstands wijzigingen door een bronbemaling ten behoeve van werkzaamheden in de bodem, kan de gedupeerde, meestal met succes, een schadeclaim indienen, mits er kan worden aangetoond dat de verantwoordelijke niet al het redelijk mogelijke heeft gedaan om deze schade te voorkomen. Dit komt bijvoorbeeld voor bij diepe bouwputten of diepe bodemsaneringen waarbij de grondwaterspiegel enige meters verlaagd moet worden.

Heel anders ligt de kwestie ten aanzien van bouwtechnische oorzaken voor vocht- en/of grondwateroverlast. Indien de schade is veroorzaakt door een gebrek aan de woning, kan de huurder hiervoor schadevergoeding eisen van de verhuurder. Bovendien kan door huurbevrozing, of zelfs -verlaging, verbetering van de woning afgedwongen worden. Indien de gebreken aan de woning het gevolg zijn van een onvolkomen bouw van de woning, is het in een aantal gevallen binnen een bepaalde termijn na de oplevering mogelijk een schadeclaim in te dienen bij de aannemer, of deze te dwingen de fouten te herstellen. Ook hier geldt dat eerst op basis van deskundig onderzoek zal moeten worden vastgesteld waar de oorzaken van de problemen liggen en welke procedure gevolgd kan worden om de verantwoordelijke(n) aansprakelijk te stellen.

2.3.4. gerealiseerde oplossingen.

KNELPUNTEN:

- symptoombestrijding in plaats van bronbestrijding
- onzorgvuldige uitvoering
- eenzijdige probleembenadering door specialisten

Veel in het verleden toegepaste oplossingen voor vocht- of grondwateroverlast blijken matig tot slecht te functioneren in de zin dat de klachten niet afnemen. Dit kan al direct na de realisatie blijken of pas na verloop van een aantal jaren. De oorzaken voor het niet naar behoren functioneren van de maatregelen kunnen vaak gevonden worden in de uitvoering. Doordat de uitvoering niet zorgvuldig is gedaan, wordt het probleem slechts ten dele bestreden. Ook komt het voor dat de oplossing gezocht wordt in het bestrijden van symptomen zonder dat voldoende aandacht is besteed aan het effectief aanpakken van het probleem aan de bron. Zo zullen maatregelen als dampdichte bodemafluitingen van kruipruimtes alleen effectief zijn indien de grondwaterstand beneden deze afsluiting blijft. Zodra de grondwaterstand hoger wordt, zal het water vrijwel altijd een weg weten te vinden en de kruipruimte zal wederom blank staan.

Een andere misvatting is dat door het vergroten van de ventilatiecapaciteit in de kruipruimte het teveel aan waterdamp zal worden afgevoerd. Bij een te hoge grondwaterstand is de hoeveelheid te verdampen water in zo ruime mate aanwezig, dat de door de ventilatie afgevoerde waterdamp onmiddellijk weer wordt aangevuld. De luchtvochtigheid zal dus nauwelijks door ventilatie afnemen, wel kan de extra ventilatie het rottingsproces van houten vloerbalken vertragen.

Bij het aanleggen van een drainagesysteem om de grondwaterstand te kunnen beheersen dient ook bijzondere aandacht aan de uitvoering en detaillering van de onderhoudsmogelijkheden te worden geschonken.

Te vaak nog wordt een drainagesysteem onzorgvuldig aangelegd, slecht onderhouden of geheel niet onderhouden waardoor het effect al snel terugloopt en de gedane investeringen voor niets zijn gebleken.

In de afgelopen jaren zijn ook veel pogingen gedaan om de problematiek terug te dringen door toepassing van geëxpandeerde kleikorrels in de kruipruimte. Het doel van het storten van deze korrels in de kruipruimte is het terugdringen van de verdamping en van de capillaire werking van zowel het grondwater als van de oorspronkelijke kruipruimtebodem. In de praktijk is echter gebleken dat deze zogenaamde argex-korrels voor dit doel niet geschikt zijn omdat ze het grondwater opzuigen en de verdamping in zo goed als onverminderde vorm door laten gaan.

Voor een effectieve en blijvende oplossing moeten oplossingen niet alleen in hetzij de bouwkundige, hetzij de waterhuishoudkundige sfeer gezocht worden, maar moet vanuit beide vakgebieden een optimaal pakket van maatregelen worden samengesteld. Hiervoor is het soms noodzakelijk dat zowel onderzoek naar de bouwtechnische staat van de woning als onderzoek naar de waterhuishoudkundige staat van de woonomgeving verricht wordt. Daarom wordt in deze rapportage dan ook gesproken over integraal onderzoek. Meestal zien de bouwkundige bureau's de oplossing hoofdzakelijk in bouwtechnische maatregelen en denken de waterhuishoudkundige bureau's het eerste aan maatregelen ter beheersing van de grondwaterstand. Dit dient doorbroken te worden, daar stedelijke grondwaterproblemen zich op het overlappingsgebied van bouw fysica en waterbeheersing bevinden.

2.4. TWEE PRAKTIJKVOORBEELDEN.

Ter illustratie van de bestuurlijke knelpunten die de bewoners tegen kunnen komen bij het zoeken naar een oplossing voor de problemen in de vocht- of waterhuishouding, volgen nu twee voorbeelden van langsepende saneringsprocedures. Op verzoek van de betrokkenen worden de praktijkvoorbeelden anoniem behandeld.

2.4.1. een kleine landelijke gemeente.

Inleiding.

In een kleine, landelijke gemeente in de provincie Zuid-Holland kampen de bewoners van door de gemeente verhuurde woningen al ruim tien jaar met vochtoverlast. De overlast uit zich in schimmelplekken op muren in woonkamer, hal, douche en kruipruimte. De bewoners bemerken aantasting van de vloerbedekking rondom het kruipruik en regelmatig beslagen ramen zowel op de begane grond als op de eerste verdieping. De klachten doen zich voor bij zo'n 114 woningen verspreid door de gemeente, waarbij in sommige wijken helemaal geen klachten zijn, in andere wijken hier en daar en in sommige straten doet de overlast zich deur na deur voor.

Na klachten van de huurdersvereniging is in opdracht van B&W een voorlopig onderzoek gedaan met het doel om vast te stellen :

- *waaruit de klachten bestaan,*
- *welke oorzaken daarvoor zijn aan te wijzen,*
- *welke maatregelen mogelijkerwijs de problemen kunnen verhelpen.*

Dit onderzoek is uitgevoerd in april 1985 en heeft een vervolg gekregen met een thermohygometrisch onderzoek in 15 woningen in september-oktober 1985. Na het onderzoek zijn de volgende maatregelen geadviseerd :

- *alle woningen dienen aanvullende kruipruimte ventilatie te krijgen,*
- *waar nodig dienen de stromingsgaten in de begane grondvloer afgedicht te worden,*
- *centrale verwarming- en warmwaterleidingen moeten geïsoleerd worden.*

Naar aanleiding van de reacties van sommige bewoners die geen extra ventilatie wensten, heeft de gemeente besloten om een enquête onder de bewoners van 263 woningen uit te schrijven met als doel duidelijkheid te krijgen ten aanzien van :

- *omvang van de problematiek binnen het woningenbestand van het gemeentelijk verhuurbedrijf;*
- *ontstaan van het vochtprobleem;*
- *de mening over de aan te brengen ventilatiegaten in voor- en achtergevel.*

De resultaten van deze enquête zijn door de gemeente zodanig geïnterpreteerd (bijvoorbeeld water in de kruipruimte bestempelt de gemeente als zijnde geen vochtprobleem), dat er slechts in 14 woningen nog problemen ondervonden zouden worden na de volgende maatregelen :

- *26 hoekwoningen dienen voorzien te worden van isolatie van de kopgevels,*
- *14 tussenwoningen dienen een zorgvuldige afdichting te ondergaan van eventuele stromingsgaten in de begane grondvloer.*

De problemen in de 14 resterende woningen kunnen niet met de genoemde maatregelen opgelost worden, deze zullen apart bekeken moeten worden. Na isolatie van de kopgevels van de hoekwoningen blijken de problemen in deze woningen te zijn opgelost. In 1987 worden er opnieuw metingen uitgevoerd in de 15 woningen waar aanvullende ventilatie van de kruipruimte is gerealiseerd. Er blijken zich nog steeds vochtproblemen voor te doen, wederom wordt geadviseerd de ventilatie uit te breiden.

Huidige situatie.(zomer 1991)

Inspectie ter plaatse in zomer 1991 toont inderdaad aan dat de woningen een onvoldoende geventileerde kruipruimte hebben, ook de woningen waar reeds aanvullende ventilatie is aangebracht. Daar komt bij dat het gedeelte van de kruipruimte onder de woonkamer totaal onbereikbaar is; naar de toestand daar kan men uitsluitend naar gissen. Het gedeelte van de kruipruimte onder de gang en keuken kan slechts met dure en ingrijpende maatregelen volgens de voorschriften geventileerd worden; dit heeft te maken met de voor dit doel ongelukkige vormgeving van de achterpui. Bij inspectie van de kruipruimtes blijkt dat, zelfs na weken van droog weer in de zomer, de vochtigheid nog zó hoog is, dat zich schimmels vormen op de muren. Waterdruppels condenseren aan de leidingen. De vraag kan hierbij gesteld worden of dit probleem met aanvullende ventilatie voldoende opgelost kan worden.

De bewoners geven zelf aan dat na hevige buien de kruipruimte vol water stroomt. Derhalve zou het zinvol zijn om een waterhuishoudkundig onderzoek rondom de woningen uit te voeren, waarbij geprobeerd wordt na te gaan in hoeverre de grondwaterstand, de opbouw van de bodem en mogelijke instroming van neerslag onder de gevelvorstrand door, de problematiek mede veroorzaken.

conclusies.

De inventarisatie van de omvang en aard van de problemen is met horten en stoten uitgevoerd, waarbij de interpretatie van de resultaten van de uiteindelijke integrale enquête er toe heeft geleid dat een aantal probleemgevallen onder het vloerkleed is geschoven. Het onderzoek heeft zich toegespitst op het leggen van een relatie tussen de vochtigheid in de kruipruimte en vochtproblemen in de woning en tussen een gebrekkige ventilatie en vochtproblemen. Er is geen onderzoek gedaan naar de oorzaken van de vochtigheid in de kruipruimte zelf, of naar andere oorzaken voor de vochtproblemen in de woning.

(bijvoorbeeld het voorkomen van vocht- of koudebruggen)

Dezelfde instantie die de woningen verhuurt, en die dus ook als eerste voor de kosten van de sanering zal opdraaien, is verantwoordelijk voor de inventarisatie, onderzoek en interpretatie van de resultaten. Ondanks de bereidwilligheid van de gemeente om de problemen aan te pakken, blijkt dat toch niet voldoende maatregelen genomen zijn om de problemen daadwerkelijk te verhelpen.

Daarnaast bleek dat een aantal mensen pas na veel aandringen van de huurdersvereniging bereid was om hun problemen naar buiten toe kenbaar te maken. Men accepteert liever de schimmel op de muren dan dat men de huisbaas (de gemeente in dit geval) iets verwijt. De gedachte dat lastige huurders wel eens uit hun huis gezet kunnen worden, leeft nog sterk onder de voornamelijk oudere bewoners.

De gemeente zou met goede voorlichting moeten bereiken dat alle bewoners vrijuit over hun klachten ten aanzien van de woning durven spreken. Deze voorlichting dient ook op zaken te wijzen waaraan de effecten van eventueel nog niet erkende problemen herkend kunnen worden.

Kortom, de gemeente moet in samenwerking met de huurdersvereniging de bewoners in de gelegenheid stellen hun problemen op een juiste manier kenbaar te maken. De resultaten van deze inventarisatie naar de omvang en verspreiding van de klachten zal moeten worden gevolgd door een meer integraal onderzoek naar alle reële oorzaken voor de vochtoverlast.

Hier dient niet alleen naar bouwfysische aspecten te worden gekeken, maar zeker ook naar de waterhuishouding rondom de woning en daar omheen, waarbij de grondwaterstand en het voorkomen van stagnatiewater belangrijke aspecten zijn voor mogelijke (mede)veroorzakers van de problemen.

2.4.2. een oude wijk in het centrum van een grote stad.

In deze wijk wordt reeds gedurende lange tijd door vele bewoners vocht- en grondwateroverlast ondervonden. De klachten bestaan uit wateroverlast in tuinen, vochtige kelders en kruipruimten (sommige staan blank), vochtige sousterrains, schimmel op muren en rottende balken van de begane grondvloeren. De woningen zijn zowel van particuliere eigenaren als van een woningbouwvereniging. De laatste woningen behoren tot de sociale huursector. In de wijk is een overkoepelende bewonersbelangenorganisatie die professionele krachten in dienst heeft. Deze wijkorganisatie probeert via overleg tussen de woningbouwvereniging, de overkoepelende organisatie van de woningcorporaties en de gemeente een oplossing voor de overlast te bereiken.

Hierbij stuit men in het algemeen op twee problemen. In de eerste plaats heerst er onenigheid tussen de gemeente en de corporaties over de verantwoordelijkheid voor de oorzaken van de overlast. De gemeente stelt zich hierbij op het standpunt dat de oorzaak ligt in de zakking van de bodem, de corporaties stellen dat de grondwaterspiegel is gestegen. Dit onderscheid is van belang omdat in het geval van bodemdaling de gemeente de verantwoordelijkheid afwijst en de corporaties aanbeveelt de achterterreinen en kruipruimtes op te hogen. Dit zou volgens de gemeente bij het normale onderhoud van de woningen behoren. De corporaties daarentegen vinden dat de gemeente in het geval dat de grond in erfpacht is uitgegeven voor de duur van het erfpachtcontract verantwoordelijk blijft voor de geschiktheid van die grond voor bewoning. Indien de grond dus door verzakking een dermate geringe ontwateringsdiepte heeft gekregen dat hierdoor onacceptabele overlast wordt ondervonden, blijkt het de verantwoordelijkheid van de gemeente blijft om te zorgen de daaruit ontstane overlast te verhelpen.

Indien de gestegen grondwaterstand als oorzaak moet worden aangewezen is volgens de corporaties de gemeente in eerste instantie verantwoordelijk. Zij zien het als een zorgtaak van de gemeente de juiste maatregelen te treffen om de grondwaterstand beter te beheersen. Deze verantwoordelijkheid steekt des te sterker als de overlast een gevolg is van werkzaamheden van de gemeente zoals renovatie van rioleringen.

Uit een enquête, uitgeschreven door de wijkbelangenorganisatie, is naar voren gekomen dat er sprake is van overlast bij 70 van de 112 woningen. Deze overlast bestond uit:

- 41 *optrekkend vocht; natte muren.*
- 33 *vochtige kelder/kruipruimte.*
- 30 *schimmel op muren.*
- 16 *rottende balken.*

als oorzaken gaven de ondervraagden de volgende zaken aan:

- 42 *te hoge grondwaterstand.*
- 21 *vochtdoorslag.*
- 7 *slechte ventilatie.*
- 13 *onbekend.*

Ten tijde van de enquête waren de volgende maatregelen ter beheersing van de overlast uitgevoerd:

- 9 *pompen van grondwater.*
- 6 *betonnen afsluiter in de kruipruimte.*
- 9 *voorzetwand in de woning.*
- 20 *hydrofobering van de buitenmuren, uitgevoerd door de corporatie.*

De gemeente heeft drainage aangelegd onder de openbare weg aan de voorkant van de woningen. Het effect hiervan op de vochtoverlast in de woningen en op de wateroverlast in de tuinen blijkt zeer gering te zijn.

Dit komt doordat de drainage vanwege de slechte doorlatendheid van het gebruikte ophoogzand voor het bouwrijpmaken maar een beperkte reikwijdte heeft. De oorzaken voor de verhoogde grondwaterstand zijn voornamelijk tweeledig. Op de eerste plaats is de ontwateringssituatie ter plaatse ongunstig als gevolg van de restanten van de oude stadswallen waarvan de funderingen en klei-aanvullingen een vrije uitstroming van grondwater in het oppervlaktewater bemoeilijken. Op de tweede plaats zijn de rioleringen in de wijk gerenoveerd waardoor de drainerende werking van de lekke rioleringsbuizen is komen te vervallen bij de vervanging door waterdichte buizen.

Na jaren van touwtrekkerij over de verantwoordelijkheid zitten de bewoners echter nog steeds met vochtproblemen. Het standpunt van de gemeente hierover is al jaren hetzelfde:

- De gemeente wijst de verantwoordelijkheid voor het voorkomen van bepaalde grondwaterstanden in principe af.
- In het geval het binnen de financiële ruimte van de gemeente past, is de gemeente bereid om in ernstige gevallen een poging te doen de problemen te verhelpen zonder daarbij echter de verantwoordelijkheid op zich te nemen voor eventuele schade als gevolg van die maatregelen.
- De gemeente heeft zich bereid verklaard de oorzaken voor de overlast te onderzoeken, hiervoor zal het reeds omvangrijke peilfiltermeetnet nog verder worden uitgebreid.
- De gemeente zal onderzoeken in hoeverre de kosten van deze maatregelen gedekt kunnen worden middels een baatbelasting of via incorporatie in de rioolheffing.

Als consequentie van deze beleids-uitgangspunten wordt bij rioolrenovatie wel tegelijkertijd drainage in de sleuf gelegd -dit kost immers op dat moment maar weinig extra- deze drainage is echter van een stop voorzien die er pas afgaat als de bewoners als gevolg van de gestegen grondwaterstanden veelvuldig hebben geklaagd. Vanwege de bestuurlijke afwijzing om ook maar iets aan grondwaterstandsbeheer te willen doen, zijn deze drainagebuizen ook niet voorzien van onderhoudsmogelijkheden zodat de werking ervan na een vijftal jaren tot nihil zal zijn gereduceerd.

Een ander gevolg van de juridisch/bestuurlijke problematiek omtrent de sanering is dat menige bewoner zelf gaat pompen. Het is een publiek geheim dat de pomp van de gereedschapssuitleen van deur naar deur gaat. Dit is een uiterst ongewenste situatie omdat de soms ernstig vervuilde grondwaterlozingen op het riool plaats vinden en ook omdat de eventuele bodemverontreinigen zich op deze manier ongecontroleerd kunnen gaan verspreiden. Bovendien is het niet ondenkbaar dat door dit pompen de grondwaterstand plaatselijk te diep verlaagd wordt wat aanzienlijke schade kan opleveren aan de houten funderingen en op den duur aan de huizen zelf.

Het lijkt daarom wenselijk dat de gemeente met de corporaties tot een oplossing komt over de verdeling van de kosten zowel ten aanzien van de investeringen voor aanvullende ontwateringsmiddelen als voor het beheer daarna. Een mogelijke verdeling is dat de eigenaren de kosten voor de perceelsontwatering alsmede voor de bouwtechnische maatregelen (als het opbrengen van zand op verzakte kruipruimtebodems of het aanbrengen van vochtwerende voorzieningen op de muren) dragen en de gemeente de kosten van de afvoer van de perceelsontwatering op zich neemt alsmede de kosten voor de ontwatering van de openbare terreinen. Daarnaast zal een gezamenlijke pot moeten komen voor onderzoek en beheer.

HOOFDSTUK 3

DE EERSTE STAP :

VAN KLACHT NAAR OORZAAK

IN DIT HOOFDSTUK WORDEN DE PROCESSEN BINNEN DE VOCHT- EN WATERHUISHOUDING IN DE WONING RESPECTIEVELIJK DE WOONOMGEVING BESCHREVEN. ACHTEREENVOLGENDS ZULLEN DE VOCHTHUISHOUDING, DE WATERHUISHOUDING EN BEHEERSING VAN DE GRONDWATERSTAND AAN DE ORDE KOMEN. VANUIT HET INZICHT IN DEZE PROCESSEN KAN BEPAALD WORDEN WELKE OORZAKEN AAN BEPAALDE KLACHTEN TEN GRONDSLAG LIGGEN. DIT HOOFDSTUK WORDT AFGESLOTEN MET EEN OVERZICHT VAN METHODEN VOOR HET UITVOEREN VAN EEN NADER ONDERZOEK TER PLAATSE.

3.1. DE VOCHTHUISHOUDING IN DE WONING.

- 3.1.1. de gewenste situatie
- 3.1.2. vochtbronnen
- 3.1.3. transportmechanismen
- 3.1.4. warmte-isolatie van de woning
- 3.1.5. klacht-en-oorzaak matrix

3.2. DE WATERHUISHOUDING RONDOM DE WONING.

- 3.2.1. de gewenste situatie
- 3.2.2. waterbalansen
- 3.2.3. klacht-en-oorzaak matrix

3.3. DE GRONDWATERSTAND.

- 3.3.1. verhogende factoren
- 3.3.2. verlagende factoren

3.4. METHODEN VOOR ONDERZOEK.

- 3.4.1. doel en methodiek
- 3.4.2. onderzoek door bewoners
- 3.4.3. gespecialiseerd onderzoek
- 3.4.4. integrale checklist

3.1. DE VOCHTHUISHOUDING IN DE WONING.

Volgens een onderzoek van de Nationale Woningraad, uitgevoerd in 1985, wordt er in 18% van de 1.6 miljoen huurwoningen in de sociale sector last ondervonden van vochtproblemen. Vochtproblemen kunnen zich op vele manieren manifesteren en even vele oorzaken hebben. In ieder geval is voor het aandragen van oplossingen van belang, dat eerst een goed inzicht wordt verkregen in de mogelijke oorzaken achter een klacht. De oorzaken voor vochtproblemen worden geanalyseerd naar de bronnen, de transportmechanismen en externe factoren die van belang zijn als isolatie, ventilatie gedrag of koudebruggen. In deze paragraaf zullen deze bouwstenen achtereenvolgens worden aangedragen, nadat nu eerst de gewenste situatie ten aanzien van de vochthuishouding in de woning wordt besproken.

3.1.1. de gewenste situatie.

Om zich in een ruimte behaaglijk te voelen, moet deze ruimte aan een aantal eisen voldoen. Dit behaaglijke gevoel heeft betrekking op een aantal aspecten als de temperatuur van de lucht, de temperatuur van de omringende wanden, plafond en vloer, de luchtsnelheid en de vochtigheid van de lucht. Ten aanzien van de temperatuur betekent dit dat de omgeving in warmte-evenwicht moet zijn met het menselijk lichaam. Daarnaast dient de lucht in het vertrek ook fris te zijn. Daartoe zal regelmatig geventileerd moeten worden. Globaal kunnen we stellen dat er per uur per persoon 25 kubieke meter ventilatielucht nodig is. Uiteraard is dit sterk afhankelijk van de activiteiten die in het vertrek verricht worden.

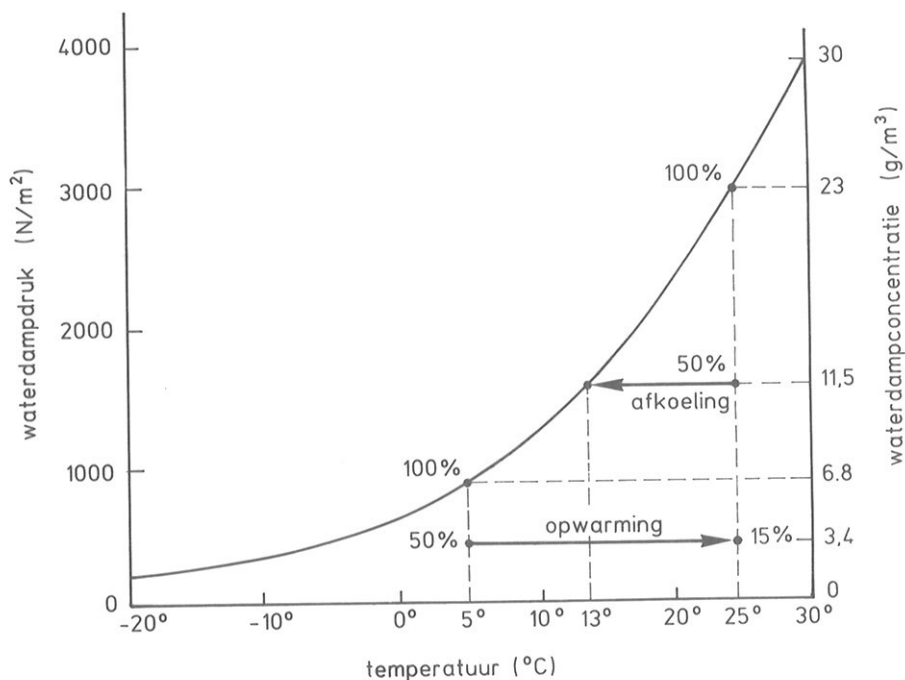
Ten aanzien van de luchtvochtigheid is het begrip relatieve vochtigheid van belang. De relatieve vochtigheid van lucht wordt bepaald door de verhouding van de heersende waterdampdruk ten opzichte van de verzadigingsdampdruk (bij een bepaalde luchttemperatuur en luchtdruk). Bij de verzadigingsdampdruk bevindt zich de maximale hoeveelheid waterdamp in de lucht, deze is afhankelijk van de temperatuur en de luchtdruk.

Zo kan zich bij een luchtdruk van 1020 mB (normale luchtdruk) maximaal 6,8 gram waterdamp bevinden in één kubieke meter lucht van 5°C. Indien de lucht verzadigd is, spreekt men van 100% relatieve vochtigheid. (zie nevenstaande grafiek). Als buitenlucht van 5°C die een relatieve vochtigheid heeft van 50%, wordt verwarmd tot 25°C zonder dat het absolute vochtgehalte wordt gewijzigd, zal deze lucht na opwarming een relatieve vochtigheid hebben van 15%. Bij 25°C kan diezelfde lucht maximaal 23 gram waterdamp per kubieke meter lucht bevatten.

Andersom zal de waterdamp in lucht van 25°C en een relatieve vochtigheid van 50% tot condensatie overgaan zodra deze lucht onder de 13°C wordt afgekoeld.

Immers de *absolute vochtigheid* van die lucht verandert niet en de afgekoelde lucht van 13°C raakt oververzadigd bij de hoeveelheid waterdamp die hoort bij lucht van 25°C en een relatieve vochtigheid van 50%.

Deze eigenschap van waterdamp in lucht is van belang voor een juist toepassen van isolatie. Indien tengevolge van de isolatie ergens in de constructie de temperatuur te laag wordt, kan inwendige condensatie optreden. Dit kan de constructie ongemerkt aantasten.



grafiek 3.1. waterdampdruk en -verzadigingsconcentraties in lucht.

De kwaliteit van de lucht wordt onder andere beïnvloed door het voorkomen van schimmels in de woning of in de kruipruimte. De aanwezigheid van schimmel op de onderkant van begane grond vloeren of op funderingsonderdelen in de kruipruimte veroorzaakt in de daarboven gelegen vertrekken een muffe lucht en een benauwde atmosfeer. Naast schimmels veroorzaken ook de uitwerpselen van huisstofmijten een ongename geur. Deze leiden mogelijk tot allergene reacties bij de bewoners. Overaanwezigheid van micro-organismen en klein ongedierte is een van de gevolgen van een te hoge relatieve vochtigheid in huis of in de kruipruimte daaronder.

De meeste micro-organismen gedijen het beste bij een relatieve vochtigheid boven de 75%; onder de 50% hebben de meeste schimmels geen noemenswaardige overlevingskansen.

Uit diverse onderzoeken is naar voren gekomen dat men zich het meest behaaglijk voelt bij een relatieve vochtigheid van de lucht tussen de 50% en 60%. (Bobran, 1967). Bij een relatieve vochtigheid onder de 40% neemt het aantal zwevende stofdeeltjes in de lucht dermate toe dat bijvoorbeeld ogen geïrriteerd raken. Een relatieve vochtigheid boven de 70% wordt als drukkend ervaren.

Samenvattend kan de gewenste situatie ten aanzien van de relatieve luchtvochtigheid in woningen beschreven worden met streefwaarden tussen 50% en 60% en met uiterste waarden van 40% en 70%.

3.1.2. vochtbronnen.

Om in een woning de gewenste situatie ten aanzien van de relatieve luchtvochtigheid te kunnen handhaven, is het van belang dat de aanvoer en productie van vocht in de woning in evenwicht blijven met de afvoer van vocht. In dit geval zal de berging van vocht in de woning niet toenemen.

De vochtbalans voor een woning luidt:

$$\text{bergingstoename} = \text{instroom} + \text{productie} - \text{afvoer}.$$

De instroom en de productie noemen we de vochtbronnen. Er is in een woning een groot aantal vochtbronnen. Onderscheid wordt gemaakt tussen bronnen als gevolg van bouwtechnische fouten en vocht vanuit de kruipruimte en bronnen als gevolg van bewonersgedrag.

1. Bouwtechnische fouten.

Bouwtechnische fouten kunnen de oorzaak zijn van vocht dat de woning binnenkomt via constructieonderdelen van de woning.

Hieronder wordt verstaan:

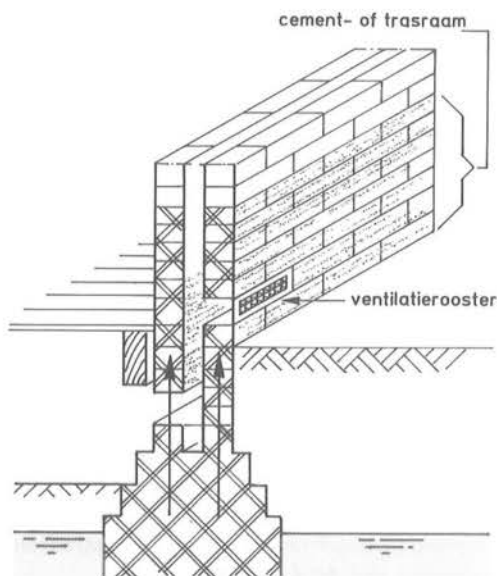
- optrekkend vocht,
- doorslaand vocht,
- lekkages.

Daarnaast kan als bouwtechnische vochtbron het bouwvocht aangemerkt worden.

Bouwvocht is het vocht dat in de gebruikte bouwmaterialen aanwezig is bij de oplevering van een nieuw gebouwde woning. In metselspecie, beton, stucwerk en dergelijke zijn grote hoeveelheden water verwerkt. Dit kan voor een doorsnee premie-A woning oplopen tot zo'n 2000 liter water, dat de eerste jaren na oplevering uit deze materialen zal moeten verdampen. Vooral gedurende het eerste jaar zal dus extra gestookt en geventileerd moeten worden om het bouwvocht uit de woning te krijgen.

Optrekkend vocht is afkomstig van vocht uit de bodem onder en rond de woning. Het transport ervan is een gevolg van de capillaire werking van grond en keramische materialen. Fundamenten en muren die zich onder het maaiveld bevinden, zuigen als het ware het water omhoog. Dit kan zowel bodemvocht zijn als stagnatiewater dat als gevolg van plaatselijk slecht doorlatende lagen niet kan wegzakken.

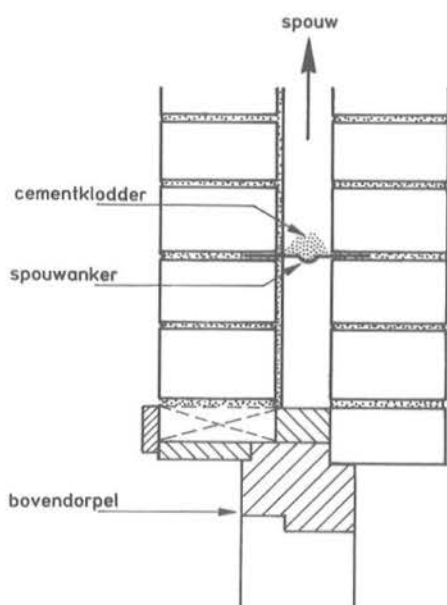
Om deze capillaire opstijging te voorkomen moet voor het onderste gedeelte van de muur een hardere steensoort (klinkers) en een minder doorlatende cementsoort gebruikt worden. Dit zogeheten trasraam strekt zich uit over zo'n twaalf lagen metselwerk, half onder en half boven het maaiveld.



figuur 3.1. optrekkend vocht.

Doorslaand vocht is afkomstig van neerslag en is een gevolg van onvoldoende bouwtechnische kwaliteit van de woning. Regen- of sneeuwwater kan in muren doordringen als gevolg van de capillaire werking. Ook winddruk en zwaartekracht kunnen het water door kleine spleten naar binnen werken.

Muren bevatten kleine kieren en spleten als gevolg van bijvoorbeeld een slechte aanhechting van de specie aan de stenen of als een gevolg van vorstschade aan het voegwerk. Bij muren die geen spouw hebben kan vocht rechtstreeks naar binnen dringen. Bij spouwmuren mag het regenwater eventueel wel via het buitenspouwblad in de spouw komen, mits het weer naar buiten kan worden afgevoerd. Dit dient te gebeuren met loodslabben en open stootvoegen. Door een onnauwkeurige uitvoering tijdens de bouw kunnen er tussen het binnen- en buitenblad zogenaamde vochtbruggen ontstaan zijn, bijvoorbeeld door ingevallen specieresten. (zie figuur 3.2.) Vochtplekken aan de binnenkant kunnen het gevolg zijn.



figuur 3.2. doorslaand vocht.

Lekkages zijn meestal een gevolg van achterstallig onderhoud. Zij treden vaak daar op waar verschillende delen van een gebouw in elkaar overgaan of aan elkaar vastzitten; bijvoorbeeld dakranden, goten, kozijnen, regenpijpen of schoorstenen zijn bekende plaatsen waar lekkage kan optreden. Daarnaast kan regenwater bij onjuiste detaillering van dorpels of stijlen van ramen en deuren door winddruk en capillaire opstijging of zwaartekracht de woning binnendringen. Als gevolg van de lekkage loopt regenwater de muren in. Omdat muren zo'n grote buffercapaciteit hebben, kan een lekkage lange tijd aanwezig zijn voordat de gevolgen duidelijk worden. Naast inlekkend regen- of smeltwater kunnen ook lekkages van waterleidingen of afvoerleidingen vochtbronnen zijn.

II. Kruipruimtes.

Een potentieel belangrijke bron voor een te hoge relatieve vochtigheid binnen de woning vormt de onder de woning gelegen kruipruimte. Doordat er in het algemeen een natuurlijke luchtstroom vanuit de kruipruimte naar de rest van de woning optreedt, wordt er met die luchtstroom een hoeveelheid vocht de woning binnengebracht. Tussen de kruipruimte en de rest van de woning zijn altijd wel openingen die deze luchtstroom doorlaten. Deze luchtstroom wordt veroorzaakt door het verschil in temperatuur over de hoogte van de woning. Hierdoor gaat de woning als een soort schoorsteen werken. Daarnaast kan mechanische afzuiging de luchtstroom vergroten (bijvoorbeeld bij het gebruik van een afzuigkap).

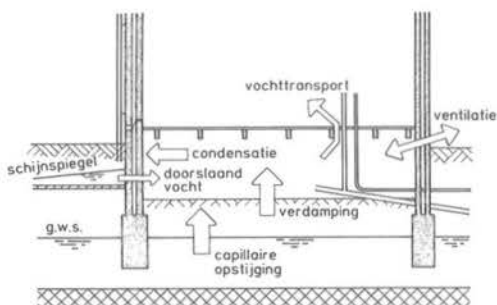
De absolute hoeveelheid vocht die met deze luchtstroom de woning in wordt getransporteerd is afhankelijk van de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de lucht in de kruipruimte. Indien de vochtigheid in de kruipruimte regelmatig aan de hoge kant is (boven de 75%), zullen er ook naar alle waarschijnlijkheid schimmels en andere micro-organismen aanwezig zijn.

De toegevoerde lucht is daarom muff. Dit is vooral te merken in de ruimten die via leiding-doorvoeren in verbinding staan met de kruipruimte. Dit zijn bijvoorbeeld de meterkast of keukenkastjes, ruimten die in het algemeen toch al niet veel geventileerd worden.

De oorzaken voor een te hoge relatieve vochtigheid in een kruipruimte dienen, net als voor een woning, bepaald te worden aan de hand van een analyse van mogelijke vochtbronnen. Dat kunnen zijn:

- *verdampend grondwater vanuit de kruipruimtebodem;*
- *inlopend regenwater onder de gevelvorstrand door;*
- *lekkage van waterleiding of afvoer;*
- *doorslaand of optrekkend vocht via de funderingsmuren.*

De laatstgenoemde twee bronnen zijn bouwtechnische fouten en zullen daarom hier niet opnieuw aan de orde komen.



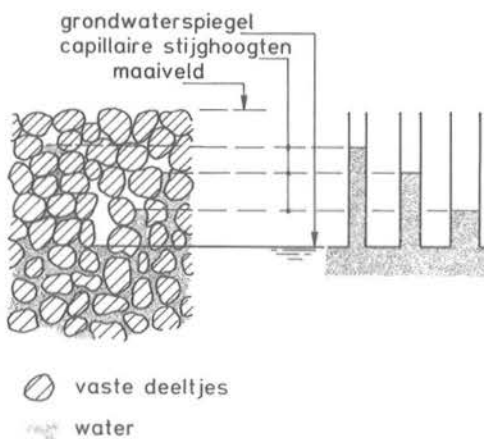
figuur 3.3. processen in de kruipruimte.

Verdamping van grondwater kan de oorzaak zijn van een te hoge relatieve vochtigheid in de kruipruimte als de grondwaterstand zich op een geringe afstand onder de bodem van een kruipruimte bevindt. In dit geval zal als gevolg van de capillaire opstijging door de poriën van het gebruikte bodemmateriaal het grondwater beschikbaar komen voor verdamping. Hoeveel water er verdampt hangt van een aantal factoren af:

- capillaire stijghoogte van het gebruikte bodemmateriaal;
- temperatuur in de kruipruimte;
- luchtsnelheid (wijze van ventileren);
- grondwaterstand.

De capillaire stijghoogte van water in grond is globaal genomen omgekeerd evenredig met de diameter van de poriën. De gemiddelde grootte van de poriën wordt bepaald door de korrelverdeling van de vaste bestanddelen in de grond. Hoe groter de korrelgrootte is van het materiaal op de bodem van de kruipruimte, des te minder hoog kan het water capillair opstijgen.

Om verdamping effectief tegen te gaan, dienen de capillairen onderbroken te worden. Daarvoor moet een capillair een zo grote diameter krijgen dat deze ruimte niet meer door de capillaire zuigkracht kan worden gevuld.



figuur 3.4. capillaire opstijging.

Indien de afstand tussen de bovenkant van de kruipruimtebodembodem en de grondwaterstand groot genoeg is, zullen er voldoende onderbrekingen van de capillairen zijn zodat de verdamping van grondwater te verwaarlozen is. Hoe dichter de grondwaterstand onder de bodem staat hoe meer water er zal verdampen. Echter de grondwaterstand is eerder een voorwaarde *scheppend* criterium dan bepalend voor de hoeveelheid verdamping.

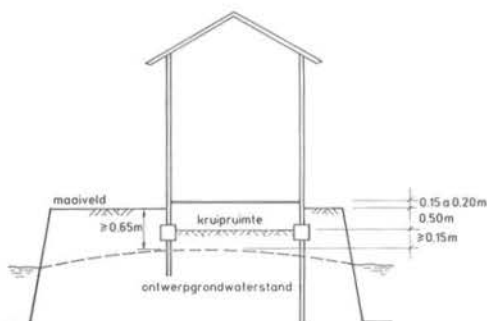
De samenstelling van het gebruikte materiaal voor de bodem van de kruipruimte is bepalend voor de capillaire opstijgcapaciteit van grondwater. Grof, schoon zand zou eigenlijk gebruikt moeten worden omdat dit materiaal een geringe capillaire werking heeft. In klei, leem en ander materiaal wordt het vocht via de capillairen té gemakkelijk naar het oppervlak geleid. Bij een grofkorrelig materiaal is een afstand van 0.20 meter tussen de grondwaterspiegel en de bovenkant van de grond in de kruipruimte, voldoende om verdamping van grondwater te voorkomen. Er is voor kruipruimtes echter allerlei materiaal gebruikt, variërend van puin tot slibrijk zand waardoor het grondwater over een grotere verticale afstand capillair kan opstijgen.

De temperatuur in de kruipruimte is afhankelijk van de buitenlucht en van de isolerende werking van de begane grond vloer. Dit betekent dat door isolatie van de begane grond vloer de temperatuur lager en daarmee de verdamping van grondwater (of grondvocht) minder zal worden.

Ten aanzien van de luchtsnelheid in verband met de hoeveelheid verdamping kan de volgende opmerking gemaakt worden. Vaak wordt als oplossing voor een te hoge vochtigheid in kruipruimtes geadviseerd om deze meer te ventileren. Dit kan op twee manieren een averechts effect hebben. In de eerste plaats zal door de toegenomen luchtsnelheid meer water verdampen omdat de beschikbaarheid van water niet de beperkende factor is: water wordt via de ondergrond immers ongelimiteerd aangevoerd. Op de tweede plaats kan door de geïntensiveerde ventilatie de luchtstroom vanuit de kruipruimte naar de

woning toenemen waardoor er dus méér vocht in de woning komt. Natuurlijk kan deze luchtstroom omgedraaid worden middels afzuiging in de kruipruimte. Echter dit is een maatregel die de effecten in plaats van de bron bestrijdt en daarom niet aanbevolen moet worden.

Ten aanzien van de grondwaterstand onder en in de kruipruimte kan nog gezegd worden dat in sommige woningen de kruipruimte zó diep is aangelegd of is geworden door verzakking of uitgraving door bewoners, dat het geen "kruip"ruimte meer mag heten. Een diepte van vijftig centimeter is voldoende. Bij een begane grond vloerdikte van vijftien à twintig centimeter betekent dit dat de bodem van de kruipruimte zich tot circa vijfenzeftig centimeter onder de bovenkant van de begane grondvloer bevindt. De bovenkant van de begane grond vloer bevindt zich normaal zo'n twintig centimeter boven het straatpeil. Dit betekent dat een ontwateringsdiepte van vijfenzeftig centimeter zou resulteren in een grondwaterstand van minimaal vijftien centimeter onder de bodem van de kruipruimte.



figuur 3.5. peilen straat, vloer en kruipruimte.

Deze situatie is bij toepassing van grof, schoon zand als bodemmateriaal voldoende om een te vochtige kruipruimte te voorkomen. Indien echter aan een van de uitgangspunten niet wordt voldaan kunnen er problemen worden verwacht.

Indien in de kruipruimte een temperatuur van 14°C heerst bij een relatieve vochtigheid van 90%, bedraagt de absolute vochtstroom van de kruipruimte naar de rest van de woning ongeveer 110 gram per uur.

Deze hoeveelheid is op zich niet veel, maar door de aanwezige schimmels in de kruipruimte zal deze luchtstroom de eerder genoemde klachten als stank en luchtwegaandoeningen veroorzaken. Door condensatie op koude plekken kan het vocht eventueel tot overlast leiden.

De gevolgen van een te hoge grondwaterstand kunnen door ventilatie van de kruipruimte zelf niet worden bestreden. Immers bij een te hoge grondwaterstand is de hoeveelheid te verdampen water in zo ruime mate aanwezig dat de via ventilatie afgevoerde hoeveelheid waterdamp weer onmiddellijk wordt aangevuld.

Onder voorwaarde dat de kruipruimte droog is wordt een ventilatievoud van 1 als voldoende beschouwd om de kruipruimte fris te houden en eventuele houten constructiedelen voldoende te ventileren. Hiertoe dienen de ventilatie openingen in tegenover elkaar liggende muren te worden geplaatst met een vrije doorlaatopening van minimaal 400 mm^2 per m^2 vloeroppervlak.

Dampdiffusie is een transportmechanisme waarbij vocht onder invloed van een verschil in dampdruk getransporteerd wordt. Indien twee soorten lucht met verschillende dampdruk als gevolg van verschillende temperatuur of relatieve vochtigheid naast elkaar bestaan, wil het vocht van de lucht met de hoogste dampdruk diffunderen naar de lucht met de lagere dampdruk. De mate waarin dit transport plaatsvindt is afhankelijk van het dampdrukverschil en van de weerstand van het tussenliggende medium tegen dampdiffusie. Kunststoffolies hebben een hoge dampdiffusieweerstand, bakstenen een matige en lucht een lage dampdiffusieweerstand. In verhouding met de hoeveelheid vocht die met ventilatie getransporteerd wordt, is de dampdiffusie ondergeschikt.

Oppervlaktecondensatie treedt op indien de lucht in de omgeving van koude oppervlakken over-verzadigd raakt. Voor de vochthuishouding betekent condensatie dat vocht uit de lucht verdwijnt en zich als waterdruppeltjes in of op oppervlakken manifesteert. De oppervlakte-temperatuur van binnen- en buitenklimaatscheidende constructie onderdelen in de woning zal in het stookseizoen lager zijn dan de binnentemperatuur van de lucht.

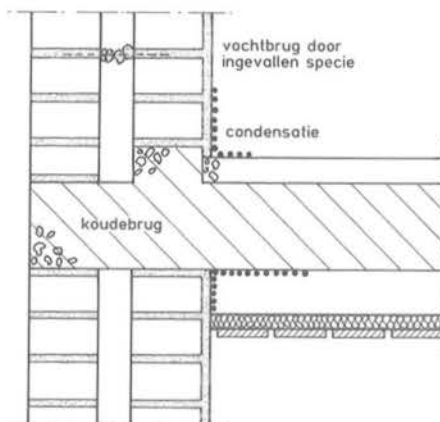
Bij een buitentemperatuur van 2°C en een binnentemperatuur van 20°C bedraagt de oppervlakte-temperatuur van een steensmuur in het midden van de kamer ongeveer 16°C en in de hoek met een andere buitenmuur slechts 13°C . Bij vensters ligt de binnenoppervlakte-temperatuur nog dichter bij de buitenluchttemperatuur.

In de grenslaag lucht, die enige millimeters dik is, kan door het temperatuurverschil ten opzichte van de rest van de kamer dus oververzadiging optreden en daardoor zal waterdamp condenseren op deze koude oppervlakken.

Indien de relatieve vochtigheid in de woning 80% bedraagt bij een gemiddelde temperatuur van 20°C , zal condensatie optreden op oppervlakken met een temperatuur van 16°C of minder. Indien de relatieve vochtigheid slechts 50% is, zal pas condensatie optreden op oppervlakken met een temperatuur onder de 10°C .

Oppervlaktecondensatie is dus een gevolg van enerzijds de relatieve vochtigheid in de woning en anderzijds de oppervlakte temperatuur van de klimaatscheidende wanden van de woning. Dit laatste is te beïnvloeden met isolerende maatregelen. Hierbij dient met name aandacht geschonken te worden aan zogenaamde koudebruggen. Dit zijn constructieonderdelen die de warmte goed geleiden en die zowel in contact staan met de buiten- als met de binnenlucht, waardoor de oppervlaketemperatuur aan de binnenzijde dus sterk bepaald wordt door de buitentemperatuur.

Koudebruggen treden in het algemeen op ter plaatse van lateien, kozijnen en begane grondvloeren of ter plaatse van vochtbruggen omdat vochtige materialen minder isoleren.



figuur 3.7. koudebruggen en oppervlaktecondensatie.

Oppervlaktecondensatie kan zich ook voordoen in het inwendige van een constructie. Men spreekt dan van inwendige condensatie wat ongemerkt tot schade kan leiden. Ook het vocht van oppervlaktecondensatie kan zich gedurende lange tijd ophopen en zich ineens uiten in een 'spontaan' ontstaan van schimmelplekken.

Derhalve moet men isolatie maatregelen altijd met verstand van zaken uitvoeren. Immers als gevolg van de isolatie kan de temperatuur in de constructie dusdanig dalen, dat inwendige condensatie optreedt indien niet ook tegelijkertijd aandacht wordt geschonken aan dampremmende maatregelen.

Het transport van water via waterstroompjes onder invloed van capillairen, zwaartekracht, winddruk of hygroscopie vindt plaats in materialen of in het grensvlak van de aansluiting van twee materialen. Capillair transport is al eerder aan de orde geweest.

Door kleine kieren, spleten of sponningen kunnen waterstroompjes op gang komen onder invloed van de zwaartekracht of door onder- of overdruk ten gevolge van wind. Om dit transport af te remmen kunnen deze openingen afgedicht worden, waarbij dan wel bedacht moet worden dat er voldoende openingen voor ventilatie overblijven. Indien de openingen niet zijn af te dichten, kunnen er speciale voorzieningen aangebracht worden om het in de woning tredende water op te vangen en weer af te voeren. Als voorbeeld kan hier de detaillering van kozijnen genoemd worden waarbij kunststofslabben eventueel binnendringend water tussen de muur en het kozijn tegenhouden in de spouw en dit water via de spouw weer afvoeren, zodat het niet via het binnenspouwblad in de woning kan komen.

Vochttransport onder invloed van zogenaamde hygroscopie kan optreden als in de muur zouten aanwezig zijn die het water aantrekken. Deze zouten kunnen afkomstig zijn van het grondwater. Indien optrekkend vocht weer uit de muur verdampt blijven de zouten achter die zich in loop der jaren ophopen. Deze zouten trekken het vocht aan en kunnen zo de muur vochtig houden.

Deze zouten veroorzaken ook zogenaamde droogschade. Deze ontstaat zodra de met zout water verzadigde muur na maatregelen gaat drogen. Het verdampende water voert de zouten naar de oppervlakte van de muur die daar na verdamping van het water achterblijven. Deze zouten veroorzaken dan mogelijk schade doordat bijvoorbeeld stucwerk wordt afgedrukt.

3.1.4. warmte-isolatie van de woning en ventilatie.

Zoals al eerder is aangestipt, dient bij het isoleren van een woning terdege rekening gehouden te worden met de verandering van het temperatuursverloop over een constructiedeel en met de veranderingen in de vocht-regulerende werking. Zo kan de isolatie van een begane grond vloer de temperatuur in de kruipruimte omlaag brengen zodat er minder grondwater verdampt en er dus minder waterdamp naar de woning getransporteerd zal worden. De relatieve vochtigheid verandert echter niet in de kruipruimte zodat de schimmelgroei niet zal stoppen en zodat dus de verspreiding van de allergenen en stank door de rest van de woning gewoon doorgaat. Indien bovendien de isolatie aan de bovenkant van de begane grond vloer wordt aangebracht, zal waterdamp op de onderkant condenseren waardoor bij houten vloeren het rottingsproces wordt versneld of de schimmelgroei toeneemt. Uiteraard dient er bij het isoleren van de woning terdege rekening mee gehouden worden dat er voldoende mogelijkheden voor ventilatie intact gelaten of geschapen worden.

Indien woningen van een spouwmuur isolatie worden voorzien, moet speciale aandacht worden geschonken aan de mogelijkheden voor de afvoer van het in de spouw terecht gekomen regenwater. Het door het buiten-spouwblad doorgeslagen regenwater kan door verkeerde isolatie getransporteerd worden naar het binnenspouwblad en zo de eerder genoemde problemen veroorzaken. In vochtige woningen dient ook gelet te worden op het gevaar van inwendige condensatie. Dit treedt op wanneer door isolatie het temperatuurverloop over een constructiedeel zodanig verandert, dat in de constructie zelf, de in de poriën aanwezige lucht oververzadigd raakt en dus in de constructie tot condensatie komt. Deze inwendige condensatie kan leiden tot afgevroren stukken steen of voegen bij muren en tot lekkages bij daken. Om het vernietigende proces van inwendige condensatie te voorkomen, dient bij isolatie gebruik gemaakt te worden van dampremmende lagen welke door een deskundige op de juiste plaats en wijze worden aangebracht.

3.1.5. klacht-en-oorzaken matrix.

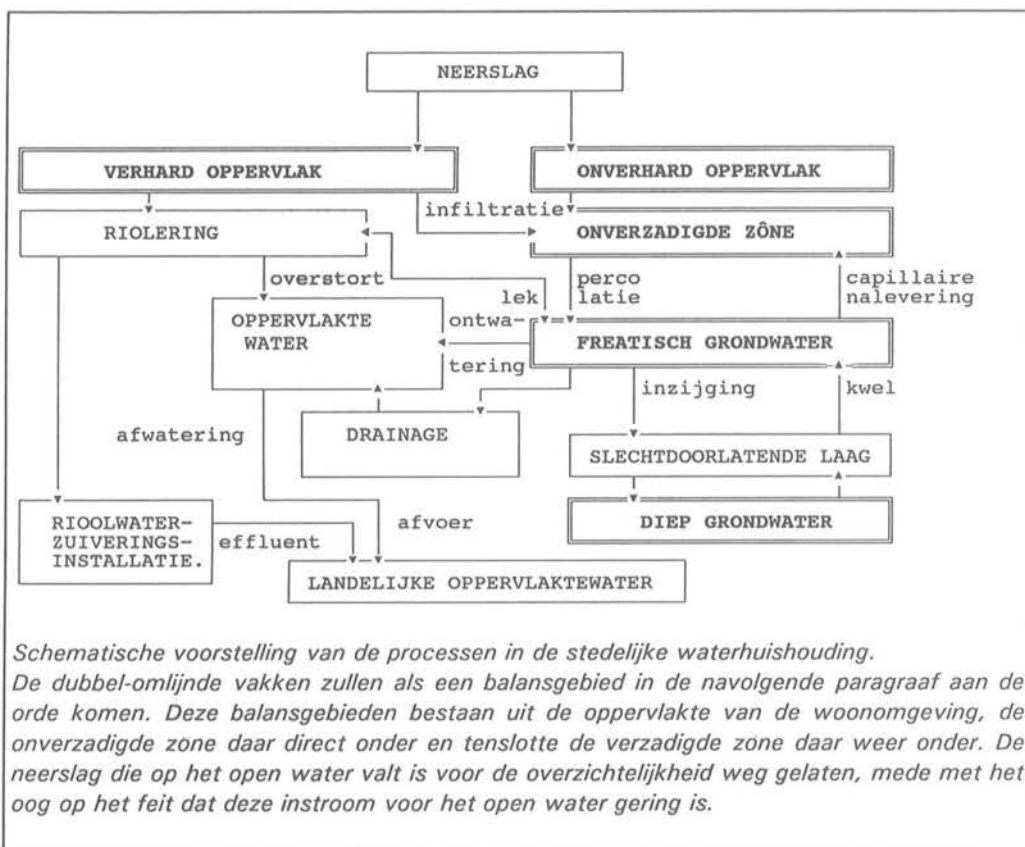
In nevenstaande matrix staan de veroorzakende aspecten, zoals in het voorgaande hoofdstuk beschreven, gekoppeld aan een aantal veel voorkomende klachten die betrekking hebben op de vochtthuishouding in de woning. De klachten staan genummerd in de bovenste rij. Indien op het snijpunt van een kolom en een rij een plus is ingevuld betekent dit dat er een sterke relatie is tussen deze klacht en veroorzakend aspect. Uiteraard zijn er altijd uitzonderingen en aspecten die ook bij kunnen dragen aan de klacht, echter ten behoeve van het overzicht zijn uitsluitend *de meest voorkomende relaties* aangegeven.

klachten :

- 1.a. schimmel op binnenzijde van buitenmuren, nabij begane grond vloer
- 1.b. schimmel op binnenzijde van buitenmuren, verspreid
2. schimmel op tussenmuren
3. zoutuitslag op buitenmuren
4. muffe lucht in hele huis
5. muffe lucht in keukenkastjes/meterkast
6. condensatie op ramen
7. loslatend behang of stucwerk
8. bruine plekken verspreid op plafond
9. vorstschade aan gevel/dakconstructie

tabel 3.2. klacht-oorzaak matrix vochtthuishouding

KLACHT	1a	1b	2	3	4	5	6	7	8	9
BRONNEN										
- bouwvocht		+	+		+	+	+			
- optrekkend vocht	+		+	+		+		+		
- doorslaand vocht		+						+		+
- lekkages		+	+		+			+	+	+
- kruipruimte	+		+		+	+	+			
TRANSPORT										
- luchtstroom	+		+		+	+	+			
- capillaire werking	+	+		+		+		+	+	+
- condensatie			+	+		+	+	+		+
- hygroscopie	+	+		+				+		+
EXTERNE FACTOREN										
- isolatie				+	+	+	+	+		+
- koudebruggen	+	+				+	+	+		



3.2. DE WATERHUISHOUDING RONDOM DE WONING.

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de onderdelen van de waterhuishouding rondom de woning. Vanuit de gewenste situatie zal aan de hand van de termen uit de waterbalans aangegeven worden welke factoren en processen tot problemen aanleiding kunnen geven.

3.2.1. de gewenste situatie.

De gewenste situatie ten aanzien van de waterhuishouding rondom de woning kan omschreven worden als die situatie, waarbij de natuurlijke processen zodanig beheerst worden, dat er geen onoverkoombare nadelen van worden ondervonden. Deze natuurlijke processen betreffen de toe- of afvoer van water in, respectievelijk uit, het gebied dat we beschouwen. De gewenste situatie laat zich nu beschrijven als die situatie waarbij de waterstromen in balans zijn en waarbij de grondwaterstand binnen vastgestelde grenzen blijft. Deze grenzen voor de grondwaterstand kunnen worden vastgelegd in normen.

Er is een onderscheid te maken naar absolute normen en tijdsafhankelijke normen. De minimale afstand van het grondwater tot het maaiveld bij een maatgevende neerslagintensiteit is een voorbeeld van een absolute norm. (zie tabel 2.2.) De hiervoor te gebruiken maatgevende neerslagintensiteit kan of een constante waarde, ofwel een bepaald vastgesteld patroon, hebben. Uiteraard gelden er ook normen voor de ondergrens van de grondwaterstand in verband met het behoud van houten paalfunderingen en in verband met opname door de planten en bomen in tuinen en plantsoenen.

De laatste jaren gaan er meer stemmen op voor het toepassen van tijdsafhankelijke normen. Deze eisen dat de gewenste grondwaterstand slechts gedurende een bepaalde

periode overschreden mag worden gedurende een maatgevende reeks buien. Het controleren of ontwerpen van een waterhuishoudkundig systeem met een dergelijke tijdsafhankelijke norm is alleen mogelijk bij het gebruik van een geautomatiseerd mathematisch simulatiemodel.

Naast eisen ten aanzien van het verloop van de grondwaterstand in tijd en ruimte kunnen er voor de gewenste waterhuishoudkundige situatie ook eisen gesteld worden aan de verblijftijd van water op het grondoppervlak. De berging aan de oppervlakte dient voor slechts korte duur plaats te vinden in verband met de begaanbaarheid. Plassen op straat of in de tuin zijn niet te voorkomen, maar dienen na afloop van de neerslag weer snel te verdwijnen. Dit betekent dat de neerslag die op verharde delen zoals straat en trottoir valt, voldoende snel moet kunnen afstromen naar de rioolloop punten zoals straatkolken. Hier voor dient de straat voldoende profiel (bolling overdwers) te hebben en dient het riool voldoende capaciteit te hebben.

De neerslag die op onverharde terreinen valt, dient voldoende snel in de grond weg te zakken of over de oppervlakte weg te stromen. Om dit te bereiken dient het bodemoppervlak voldoende infiltratiecapaciteit of voldoende helling (afschot) naar de drainage voorzieningen te hebben.

Samengevat dienen er voor de beschrijving van de gewenste situatie ten aanzien van de waterhuishouding rondom de woning, eisen opgesteld te worden aan de grenzen waartussen de grondwaterstand mag bewegen en aan de verblijftijd van regenwater op de oppervlakten, in relatie met het gebruik van de oppervlakte.

3.2.2. de waterbalans.

Voor een analyse van de waterhuishoudkundige processen kan gebruik gemaakt worden van een waterbalans voor een ruimtelijk begrensd gebied. Hierbij kunnen drie factoren in de balans onderscheiden worden:

- de instroom van buiten het gebied in het balansgebied;
- de uitstroom uit het balansgebied;
- de verandering van de in het balansgebied geborgen hoeveelheid.

De relatie tussen deze drie factoren is als volgt:

Toevoer - Afvoer = Toename van de berging.

Het opstellen van een waterbalans voor een ruimtelijk gebied rondom de woning kan als doel hebben te bepalen of er in bepaalde situaties een netto toename of afname van de hoeveelheid aanwezig grondwater is te verwachten. In het eerste geval zal de grondwaterstand stijgen, in het tweede geval uiteraard dalen.

In deze paragraaf worden balansen opgesteld om de waterhuishoudkundige processen in hun onderlinge relatie inzichtelijk te maken. Achtereenvolgens zullen de volgende balansgebieden aan de orde komen:

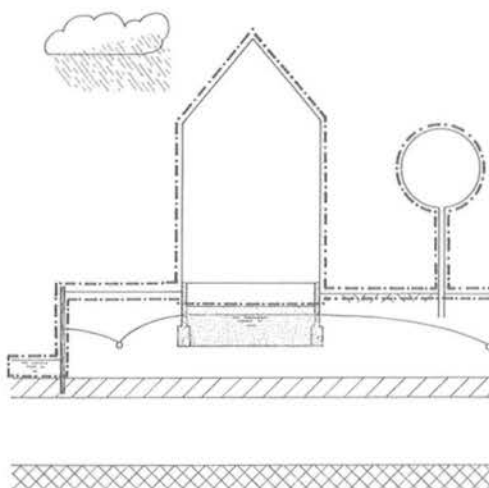
- de oppervlakte;
- de onverzadigde zone;
- de verzadigde zone.

1. de oppervlakte.

Omschrijving balansgebied:

Het oppervlak in stedelijke gebieden is ruwweg in drie categorieën te onderscheiden. Dit zijn de verharde gebieden, de onverharde gebieden en het open water.

De *verharde gebieden* zijn de straten, pleinen, trottoirs, parkeerplaatsen en daken. Deze gedeeltes worden hoofdzakelijk ontwatert middels zogenaamde oppervlakkige afstroming. De *onverharde gedeeltes* zijn de tuinen, bermen, plantsoenen, speelterreinen en onverharde paden. De ontwatering van deze gedeeltes vindt hoofdzakelijk plaats via infiltratie in de bodem. Het *open water* bestaat uit grachten, singels, kanalen, vijvers en sloten. De neerslag die hierin terecht komt, zorgt voor een stijging van het waterpeil. Het open water voert af op het water buiten de stad. De waterbalans van het open water zal verder in deze beschouwing niet aan de orde komen omdat deze eerder betrekking heeft op grotere gedeeltes van de stad dan op de directe woonomgeving. Wel is het peil in het open water een belangrijke factor in het ontwateringsproces middels drainage.



figuur 3.8. waterbalansgebied rond de oppervlakte.

Toevoer:

Neerslag valt op verharde of onverharde gedeeltes en op obstakels als bomen, auto's en dergelijke. Het gedeelte van de neerslag dat op deze obstakels valt, zal gedeeltelijk verdampen en dus niet het grondoppervlak bereiken; dit gedeelte noemen we de **interceptie**.

De neerslag op de verharde gedeeltes als straten, daken en trottoirs wordt eerst ter plekke geborgen. Een gedeelte van deze tijdelijke berging dient om het oppervlak te bevochtigen en een gedeelte zal verdampen. De interceptie, bevochtiging en directe verdamping (tijdens de neerslag) worden samen genomen als de **verliezen** van de bruto neerslag. De **netto neerslag** is nu dat gedeelte dat tot afstroming komt of infiltreert in de ondergrond.

Naast de neerslag bestaat de toevoer uit eventuele **zijdelingse toestroming** van water buiten het balansgebied. Dit treedt met name op als het beschouwde gebied lager ligt dan de omgeving.

Afvoer:

De stromen uit het balansgebied rond de oppervlakte zijn **infiltratie** en **rioolinloop** voor het ondergrensvlak, **verdamping** voor het bovengrensvlak en **afstroming** voor de zijdelingse begrenzingen.

Het gedeelte van de neerslag dat infiltreert komt in de onverzadigde zone. Het gedeelte van de neerslag dat hetzij verdampt hetzij zijdelings of via het riool afstroomt, verdwijnt uit de woonomgeving.

waterbalans oppervlakte van de woonomgeving

$\text{Toename berging} = \text{neerslag} + \text{zijdelingse toestroming} - \text{interceptie} - \text{verdamping} \\ - \text{rioolinloop} - \text{zijdelingse afstroming} - \text{infiltratie}$

De toename van de berging resulteert in de vorming van plassen die, zoals eerder al gesteld, niet zijn te voorkomen. Na beëindiging van de neerslag mogen deze plassen echter niet nog een lange tijd blijven bestaan. Het overige water wordt geborgen in het open water en de riolering.

Intern transport:

De netto neerslag op *verharde gedeeltes* stroomt onder invloed van de zwaartekracht via goten en hemelwaterafvoerleidingen naar rioollooppunten zoals straatkolken.

Indien er sprake is van een **gemengd rioolstelsel** (meeste oudere steden), wordt de tot afstroming gekomen neerslag samen met het huishoudelijk afvalwater tijdelijk geborgen in het riool en uiteindelijk getransporteerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie.

In nieuwe wijken wordt steeds vaker een **gescheiden rioolstelsel** aangelegd waarbij het huishoudelijk afvalwater en het regenwater door gescheiden buizen getransporteerd worden. Het regenriool loost dan direct op het oppervlaktewater. Naast de afstroming van de neerslag naar het riool, zal ook een gedeelte infiltreren in de ondergrond. Met name verhardingen als klinkerbestreringen kunnen een aanzienlijk gedeelte van de neerslag doorlaten zodat deze in de ondergrond terecht komt.

De netto neerslag op *onverharde gedeeltes* stroomt van het maaiveld naar lagere gedeeltes waar het in plassen tijdelijk wordt geborgen. In de vlakke Nederlandse situatie is deze horizontale oppervlakkige afstroming gering. Het grootste gedeelte van de neerslag zal infiltreren naar de onverzadigde zone. De snelheid waarmee het regenwater vanuit de plassen infiltreert wordt de **infiltratiecapaciteit** genoemd. Deze is onder andere afhankelijk van de grondsoort.

II. de onverzadigde zone.

Omschrijving van het balansgebied:

De onverzadigde zone is het gedeelte van de bodem tussen het maaiveld en de grondwaterspiegel, behalve de capillaire zoom. In deze zone bevatten de poriën tussen de vaste delen van de grond zowel lucht als water. Deze zone is van belang voor zowel de wortels van planten en bomen als voor de verdamping van water vanuit de bodem onder de kruipruimte.

Grond is in staat een bepaalde hoeveelheid vocht vast te houden, tegen de werking van de zwaartekracht in. De maximale hoeveelheid vocht die zo in de onverzadigde zone kan worden vastgehouden is afhankelijk van de grondsoort. Indien na een hevige regenbui het water enige dagen de tijd heeft gehad om uit te zakken, bereikt de grond een **evenwichtsvochtgehalte**. Hierbij zal de maximale hoeveelheid vocht die tegen de zwaartekracht in kan worden vastgehouden, nog aanwezig zijn en zegt men dat de grond op **veldcapaciteit** is.

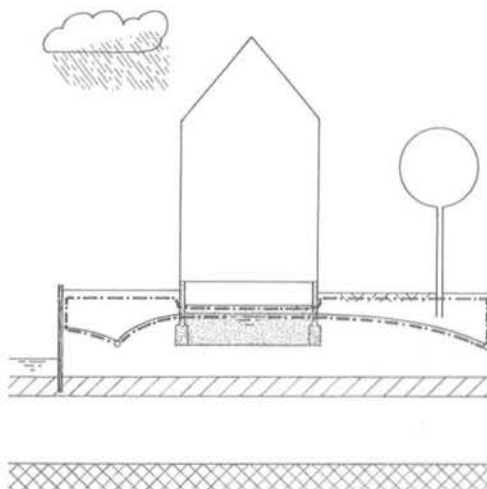
Voor zand, klei of veen is de verdeling tussen vaste delen, water en lucht dan globaal als volgt:

zand: 10% water, 30% lucht, 60% vast.

klei: 35% water, 15% lucht, 50% vast.

veen: 50% water, 10% lucht, 40% vast.

Indien de grond een hoger vochtgehalte dan de veldcapaciteit heeft, zal deze overmaat doorzakken (**percoleren**) naar het grondwater, en zo in de verzadigde zone terechtkomen. Bij lagere vochtgehalten zal grondwater **capillair opstijgen**, waardoor het vochtgehalte toeneemt. De onverzadigde zone streeft dus naar een evenwichtsvochtgehalte gelijk aan het vochtgehalte bij veldcapaciteit voor die bepaalde grondsoort.



figuur 3.9. waterbalansgebied onverzadigde zone.

Toevoer:

De geïnfiltreerde neerslag komt via de poriën in de onverzadigde zone onder invloed van de zwaartekracht. Naarmate de grond meer verzadigd raakt, zal de infiltratie afnemen.

Sommige bodems hebben op enige afstand onder de oppervlakte slechtdoorlatende laagjes (bijvoorbeeld klei of sliblaagjes die ontstaan zijn bij het opspuiten van het terrein tijdens het bouwrijpmaken). Deze laagjes verhinderen het doorzakken van geïnfiltreerd regenwater en zorgen ervoor dat boven deze laagjes **schijngrondwaterspiegels** ontstaan. Deze plaatselijke, verzadigde zones verminderen de infiltratiecapaciteit en veroorzaken op deze manier langdurig plassen.

Indien het vochtgehalte in de onverzadigde zone onder het evenwichtsvochtgehalte raakt, bijvoorbeeld door verdamping of door opname door plantenwortels, zal vanuit de verzadigde zone een naar boven gerichte waterstroom op gang komen onder invloed van de capillaire werking van de poriën. Dit proces wordt **capillaire nalevering** genoemd.

Afvoer:

Het surplus aan water (boven het evenwichtsvochtgehalte) dat in de onverzadigde zone aanwezig is, zal naar het grondwater doorzakken. Dit proces waarbij water overgaat van de onverzadigde naar de verzadigde zone, heet **percolatie**. Daarnaast wordt er water uit de onverzadigde zone afgevoerd door opname door de wortels van planten of door verdamping vanaf het oppervlak van de bodem. Deze twee processen zorgen voor een vermindering van het vochtgehalte en worden samen **evapotranspiratie** genoemd. (samentrekking van evaporatie en transpiratie).

Berging:

De hoeveelheid water die tijdelijk in de onverzadigde zone geborgen kan worden, is afhankelijk van het verschil in vochtgehalte in de evenwichtssituatie en het vochtgehalte in de situatie met een, gedurende lange tijd, maximale infiltratie. Het vochtgehalte kan bij gronden met een hoge infiltratiecapaciteit oplopen tot het verzadigingsvochtgehalte. Zo kan in zand 30 volumeprocent water geborgen worden, in klei 20% en in veen zo'n 10%. Deze percentages zijn gebaseerd op het verschil in het vochtgehalte tussen verzadigde grond en grond op veldcapaciteit. De berging in de onverzadigde zone dient een zekere capaciteit te hebben zodat het water vanaf de oppervlakte snel genoeg kan infiltreren.

waterbalans onverzadigde zone

$$\text{Toename berging} = \text{infiltratie} + \text{capillaire opstijging} - \text{evapotranspiratie} - \text{percolatie}$$

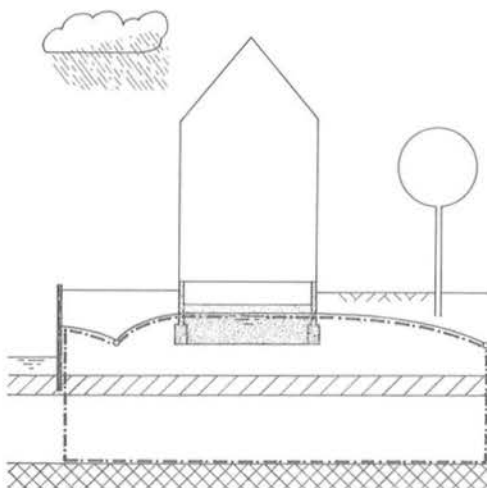
De toename van de berging in de onverzadigde zone leidt op den duur tot een stijging van de grondwaterspiegel en dus tot een verkleining van de onverzadigde zone. Hoe verder de grondwaterspiegel het maaiveld benadert, des te minder wordt de draagkracht van de bodem. Deze situatie is te vergelijken met drijfzand. Hoe verder de grond verzadigd raakt, des te meer wordt de spanning in de grond gedragen door het in de poriën aanwezige water. Door de toegenomen waterspanning neemt de spanning tussen de vaste delen van de grond af. Deze laatste spanning heet de korrelspanning en is verantwoordelijk voor de draagkracht van de bodem.

In tot aan het maaiveld verzadigde grond zakt men dan ook diep weg, daarom wordt onder wegen altijd een goed doorlatende laag aangebracht, meestal in de vorm van zand op bijvoorbeeld puin of hoogovenslakken.

III. de verzadigde zone.

Omschrijving van het balansgebied:

De verzadigde zone is dat gedeelte van de bodem waarin alle poriën volledig met water zijn gevuld (beneden de grondwaterspiegel). In de verzadigde zone vindt zowel horizontale als verticale grondwaterstroming plaats. Bij de meeste drainageberekeningen wordt de vereenvoudiging gemaakt dat in de goed doorlatende lagen alleen horizontale stroming optreedt, terwijl in de slechtdoorlatende lagen en de onverzadigde zone alleen verticale stroming plaatsvindt. Voor het opstellen van een waterbalans voor de verzadigde zone moet er dus zowel met stroming van onder en boven, als met stroming van opzij rekening worden gehouden. Het beschouwde balansgebied (figuur 3.10.) wordt begrensd door de grondwaterspiegel en door een slecht doorlatende laag aan respectievelijk de boven- en onderzijde. Aan de zijanten wordt het balansgebied begrensd door de overgang naar het open water en door de perceelsgrenzen.



figuur 3.10. waterbalansgebied verzadigde zone.

waterbalans verzadigde zone

$\text{Toename berging} = \text{percolatie} + \text{kwel} + \text{zijdelingse aanvoer} - \text{capillaire opstijging} \\ - \text{inzijsing} - \text{zijdelingse afvoer}$
--

Aanvoer:

Aan de bovenzijde bestaat de aanvoer uit het percolatie-water van de onverzadigde zone. Aan de onderkant bestaat de aanvoer uit **kwelwater**. Deze kwel treedt op indien de waterdruk aan de onderkant van de slechtdoorlatende laag groter is dan de druk ten gevolge van de grondwaterstand. De mate waarin kwel optreedt is afhankelijk van het drukverschil over de slechtdoorlatende laag en van de doorlatendheid van de slechtdoorlatende laag. Het quotiënt van de dikte van de slechtdoorlatende laag en de doorlatendheid is de weerstand van die laag, deze wordt uitgedrukt in dagen.

De zijdelingse aanvoer bestaat uit horizontale instroming van de verzadigde zone door de grenzen van het balansgebied.

Afvoer:

De afvoer van grondwater uit de verzadigde zone vindt aan de bovenzijde plaats via capillaire opstijging. Bij de onderbegrenzing vindt afvoer plaats door de slecht doorlatende laag naar het diepe grondwater als in de onderste laag de stijghoogte kleiner is; dit proces heet **wegzijging**.

Ten aanzien van de afvoer door de zijdelingse begrenzingen kan, in aanvulling wat hierover reeds bij het 'aanvoergebied' is gezegd, vermeld worden dat de grachten vaak zijn gescheiden van de grond door een min of meer waterdichte constructie als een kade. Dan kan het grondwater niet direct uit de verzadigde zone in het open water stromen.

Berging:

De berging van water in de verzadigde zone resulteert in een grondwaterstand. Is de aanvoer van water groter dan de afvoer, dan zal afhankelijk van de samenstelling van de grond, de grondwaterstand stijgen.

De hierboven voor de verschillende balansgebieden omschreven processen bepalen de waterhuishouding rondom de woning. De mate waarin één of meerdere van deze processen tot overlast aanleiding geven, wordt bepaald door de inrichting van het gebied en door de opbouw van de ondergrond. Van belang daarbij zijn de eigenschappen van de verscheidene grondlagen ten aanzien van doorlatendheid en bergend vermogen.

Naast de bodemeigenschappen zijn ook de verhouding tussen verharde en onverharde oppervlakken alsmede het type verharding en het oppervlak aan open water relevant.

De bodemeigenschappen kunnen met name in stedelijke gebieden zeer sterk verschillen. Bovendien treden er allerlei verstoringen op in de grondwaterstroming als gevolg van plaatselijke, slecht doorlatende laagjes en bijvoorbeeld leidingsleuven.

De doorlatendheid van de bodem is dan ook niet als een algemene eigenschap van een groot gebied te beschouwen. De stromingsweerstand door een dunne laag klei is net zo groot als die, door 1 meter leem of 100 m fijn zand! Dit toont duidelijk aan dat stromend grondwater dat op zijn weg een dun laagje klei tegenkomt, een horizontale omweg van enige tientallen meters zal verkiezen.

De verschillen in doorlatendheid zijn zo enorm groot dat een rekenkundige middeling daarvan onjuist is. Ieder onderzoek dat er op gericht is om de mogelijkheden van de grond voor ontwatering te bepalen, moet derhalve niet zijn afgestemd op het vinden van de gemiddelde doorlatendheid, maar moet nagaan welke ontsnappingswegen te vinden zijn. Immers die bepalen de hoeveelheid water die kan afstromen en de weg die het afstromende water zal kiezen.

Een bekend voorbeeld van een waterhuishoudkundig ongunstige situatie zijn de binnenterreinen van gesloten bouwblokken. Doordat constructies soms tot ver in de verzadigde zone doordringen, kan het grondwater in die situaties niet rechtstreeks de ontwateringsmiddelen bereiken.

Vaak is de bodem van deze binnenterreinen ook nog gedaald als gevolg van de zetting van de ondergrond. We hebben dan dus te maken zowel met een verlaging van het maaiveld, als met een stijging van de grondwaterstand.

Dat zal vaak wateroverlast tot gevolg hebben. Men noemt dit wel het "badkuip-effect".



figuur 3.11. "badkuipeffect".

Wateroverlast wordt ook veroorzaakt door het zogenaamde dichtrijden en dichtdrukken van de grond. Doordat onverharde gedeeltes (wellicht al tijdens de bouwphase) soms zwaar worden belast door vrachtauto's en/of veelvuldig worden belopen wordt de infiltratiecapaciteit zoveel geringer dat op deze terreinen langdurig plassen kunnen blijven staan.

Zoals al eerder vermeld, kunnen het stopzetten van (industriële) onttrekkingen uit de gedeeltelijk afgesloten grondpakketten dan wel het infiltreren van water (o.a. ten bate van de drinkwatervoorziening) leiden tot grote veranderingen in de stijghoogten. Door het stopzetten van onttrekkingen zal de kwel toenemen of de inzijging afnemen met een dienovereenkomstige verandering in de hoeveelheid af te voeren water. Hierdoor treden automatisch ook veranderingen op in de ontwateringsdiepte tussen de ontwateringsmiddelen.

In gebieden met een (gedeeltelijk) afgesloten watervoerend pakket onder het freatische grondwater, dient terdege rekening gehouden te worden met het lek maken van de afsluitende laag. Als de stijghoogte van het diepe grondwater groter is dan die van het vrije grondwater kan door bijvoorbeeld het trekken van damwanden of van oude funderingspalen, de kwel zoveel toenemen dat de waterhuishouding volledig wordt veranderd.

Aan de andere kant kan in gebieden met een lagere stijghoogte in het (gedeeltelijk) afgesloten pakket deze potentiële inzijging gebruikt worden om een te hoge grondwaterpiegel naar beneden te krijgen. Dit kan bijvoorbeeld gebeuren bij het aanbrengen van verticale drainage.

Bij elk voorstel om bepaalde ingrepen aan de oppervlakte of in de ondergrond uit te voeren, dient men zich er goed rekenschap van te geven welke invloed deze ingrepen kunnen hebben op de verschillende processen in de waterbalans. Gefundeerde uitspraken omtrent de mate waarin dergelijke ingrepen de waterhuishouding verstoren, kunnen pas gedaan worden nadat door metingen een inzicht is verkregen in de geohydrologische situatie ten aanzien van stijghoogtes, bodemopbouw, doorlatendheden en weerstanden.

3.2.3. klacht-en-oorzaak matrix.

In nevenstaande matrix staan de oorzaken van grondwateroverlast zoals in het voorgaande beschreven, uitgezet tegen een aantal veel voorkomende klachten die betrekking hebben op de waterhuishouding rondom de woning. Indien op het snijpunt van een kolom en een rij een van de symbolen is ingevuld, betekent dit dat er een relatie tussen deze klacht en oorzaak mogelijk is. Omdat zelden oorzaken kunnen worden uitgesloten, betekent het ontbreken van een symbool niet dat tussen klacht en oorzaak geen relatie kan voorkomen. Uit de matrix komt duidelijk naar voren dat er zeker geen sprake is van een eenduidige relatie; een nader onderzoek zal altijd nodig zijn om bij klachten de precieze oorza(a)k(en) vast te stellen.

In onderstaande tabel betekent een plus "te veel", een min "te weinig" en een asterisk "is van invloed". Indien zowel een plus als een min op een snijpunt zijn ingevuld betekent dat zowel "te veel" als "te weinig" de klacht kunnen veroorzaken.

tabel 3.3. klacht en oorzaak matrix waterhuishouding.

KLACHT	1	2	3	4	5	6	7	8
ORZAKEN								
BRONNEN								
- lekkagewater			+			+		
- neerslag	+	+	+		+	+		
- bodemvocht		+	+	±	+	+	-	-
- stagnatiewater	+	+	+	+	+	+		
- freatisch grondwater	+	+	+	±	+	+	-	-
- diep grondwater			*	*		*	*	*
TRANSPORT								
- oppervlakkige afstroming	-	-	*		-	*		
- riolinloop		-						
- infiltratie	-	-			-			
- horizontale afstroming over kleilagen			*					
- capillaire opstijging/evapotranspiratie			+	-		+		
- kwel (indien in situatie van toepassing)	+	+	+	*	*	*	-	-
- inzijging (indien in situatie van toepassing)	-	-	-	*	-	-	+	+
- drainage	-	-	-	-	-	-	*	*
EXTERNE FACTOREN								
- profiel verhard oppervlak		*	*		*			
- infiltratiecapaciteit	-	-	*		-	*		
- rioolcapaciteit		-	-		*	*		rioollekage
- stijghoogte gedeeltelijk afgesloten grondwater			*		*		-	-

I. Klachten :

1. langdurig plassen op onverharde terreinen
2. langdurig plassen op verharde gedeeltes
3. water in kelders, sousterrains of kruipruimtes
4. slechte groei van bomen en planten in tuinen en plantsoenen
5. drassige tuinen en plantsoenen
6. hoge relatieve vochtigheid in kruipruimtes
7. scheuren in muren, klemmen van deuren/ramen
8. verzakking van constructies

3.3. DE GRONDWATERSTAND.

In deze paragraaf worden specifieke factoren voor beïnvloeding van de grondwaterstand besproken. Deze factoren zijn uitgesplitst naar factoren met een verhogend en een verlagend effect.

3.3.1. verhogende factoren.

Een verhoging van de grondwaterstand is het gevolg van een toename in de aanvoer van water, van een afname in de afvoer of van een daling van het maaiveld.

I. toename van de aanvulling

Meer infiltratie.

De infiltratie van regenwater in de bodem kan toenemen door de oppervlakte verhard terrein te verminderen of door bestaande dichte verhardingen (bv. asfalt) te vervangen door een meer doorlatende verharding. In onverharde gebieden kan de infiltratie vergroot worden door het bewerken van de grond zoals omspitten, schoffelen en dergelijke. Een verhoging van de infiltratie treedt ook op indien neerslag langer in plassen blijft staan. Dit kan het gevolg zijn van een verminderde oppervlakkige afstroming door verkleining van het wegprofiel. Ook verzakkingen, of een slecht functioneren van kolken, putten of het riool zelf kunnen het water langer in plaatsen laten staan. Als laatste oorzaak voor een (beperkte) toename van de infiltratie kan een afname van de interceptie genoemd worden. Dit is bijvoorbeeld het geval als het bladoppervlak afneemt doordat bomen gekapt worden of minder blad dragen als gevolg van de verminderde groeiomstandigheden.

Meer percolatie.

De percolatie van geïnfiltreerde neerslag naar het grondwater kan toenemen door het wegnemen van de eventuele hindernissen voor het doorzakking bodemwater. Door het aanbrengen van verticale drainage, bijvoorbeeld in de vorm van -met goed doorlatend zand gevulde- gaten door de slecht doorlatende leemlaagjes heen, zal het bodemwater eerder het grondwater bereiken en daarmee de grondwaterstand sneller verhogen.

Toename van de kwel.

De eventuele kwel in een gebied zal toenemen indien òf het stijghoogteverschil tussen het boven gelegen vrije en diepe grondwater toeneemt, òf de weerstand van de slechtdoorlatende laag afneemt. Het eerste kan veroorzaakt worden door verlaging van de vrije grondwaterspiegel of door toename van de stijghoogte van het dieper gelegen, gedeeltelijk afgesloten, grondwater. De stijghoogte van het gedeeltelijk afgesloten grondwater kan ondermeer toenemen door stopzetting van onttrekkingen of door infiltratie van water. De weerstand van de slecht doorlatende laag kan (plaatselijk) verminderd worden doordat deze laag doorbroken wordt als gevolg van werkzaamheden. Zo worden damwanden tot in de slecht doorlatende laag geslagen. Als deze erdoorheen steken kan na het weer trekken van de damwand een "lek" in de slechtdoorlatende laag achterblijven. Dit kan leiden tot een sterke toename van de kwelstroom.

Lekkages

Lekken in waterleidingen, in hemelwaterafvoeren en in rioleringsbuizen (boven de grondwaterstand) kunnen eveneens de grondwaterstand doen toenemen. Lekkages van regen- en rioolafvoeren ontstaan vaak door zakking van het maaiveld. De gedeeltes van de leidingen in de grond zullen meezakken. Het gedeelte van de hemelwaterafvoer boven de grond zit echter aan het stevig gefundeerde huis vast. Dat daalt niet of in elk geval veel minder. Bij riolering zal, indien de buis door de gevel gevoerd is, de buis afknappen ter plekke van deze doorvoer.

II. Afname van de afvoer

Afname inzijging.

De inzijging zal afnemen indien het stijghoogte verschil tussen het vrije en gedeeltelijk afgesloten grondwater afneemt of indien de weerstand voor verticale waterbeweging van de slecht doorlatende laag toeneemt.

Eerstgenoemde oorzaak kan optreden als onttrekkingen uit het gedeeltelijk afgesloten watervoerende pakket worden stopgezet of worden verminderd. De beëindiging van diepgrondwateronttrekkingen leidt tot een verhoging van de stijghoogte van het afgesloten grondwater en dus tot een vermindering van het stijghoogteverschil.

De weerstand voor verticale waterbeweging kan toenemen door onder andere consolidatie van deze laag. Door verlaging van de vrije grondwaterstand of ophoging van het terrein zal de grond gaan zetten. Hierbij worden kleiïge of venige lagen samengeperst en zal de verticale weerstand tegen grondwaterstroming toenemen. Hierdoor zal de inzijging afnemen.

Afname evapotranspiratie.

De onttrekking van grondwater via verdamping vanaf de bodemoppervlakte en door de daarop groeiende planten zal afnemen indien de begroeiing vermindert of indien op de bodem een bedekking wordt aangebracht die minder verdamping toelaat dan voorheen.

Zo merkt men vaak na een grootschalige renovatie van gesloten bouwblokken een grondwaterstandverhoging als gevolg van het verdwijnen van de planten en bomen op het binnenterrein. Als pas na enige jaren de begroeiing weer op het oorspronkelijke nivo is, zal ook de grondwaterstand weer dalen. Uiteraard heeft de evapotranspiratie in Nederland alleen enige invloed in de zomermaanden. Wel kan door evapotranspiratie een grotere hoeveelheid berging in de grond aanwezig zijn vóór de winterperiode begint.

Afname functioneren drainage.

Drainage behoeft regelmatig onderhoud om goed te blijven functioneren. Doordat met het instromende grondwater slibdeeltjes en eventueel ijzeroxiden meegevoerd kunnen worden zullen de omhulling en de perforaties van deze buis na verloop van een aantal jaren dichtslibben. Daarnaast kan ingestroomd sediment zich met name in bochten ophopen en zo de afvoer stremmen. Door de drainagebuizen vanuit de zogenaamde doorsteekpunten door te spuiten, kunnen deze verstoppingen verwijderd worden en herstelt zich de drainerende werking.

Drainage kan natuurlijk ook verstoord worden door beschadiging zoals bij graafwerkzaamheden, bij het slaan van damwanden of bij het heien van funderingspalen.

Behalve in drainagebuizen kan het grondwater ook afgevoerd worden na instroming in lekke riolering. Uiteraard zal de grondwaterstand stijgen als deze riolering weer waterdicht wordt gemaakt.

III. externe factoren

Maaiveldddaling.

Zonder dat de grondwaterstand stijgt ten opzichte van het NAP (Normaal Amsterdams Peil, het referentievlak voor alle hoogtes in Nederland) kan deze toch dichter bij het bodemoppervlak komen, doordat het maaiveld zakt. Dit is in alle veen- en, in mindere mate, in de klei-gebieden aan de orde. Voor het geschikt maken van dergelijk gebieden voor bewoning worden in het algemeen maatregelen getroffen om de draagkracht en ontwatering te verbeteren. Deze werkzaamheden hebben tot gevolg dat het terrein gaat zetten. Men streeft ernaar om aan het begin van de woonfase de grootste zettingen achter de rug te hebben, maar enige zetting zal achteraf altijd nog plaats vinden. Door de straten steeds opnieuw naar het gewenste peil op te hogen, introduceert men weer nieuwe zakkings en zo blijft men in theorie tot in het oneindige doorgaan. De delen die niet steeds opnieuw worden opgehoogd zullen dus steeds dichter bij de grondwaterstand komen.

3.3.2. verlagende factoren.

Een verlaging van de grondwaterstand is het gevolg van een afname van de aanvoer van water, van een toename van de afvoer of een verhoging van het maaiveld.

I. afname van de aanvulling

Afname van de infiltratie.

De infiltratie van verharde oppervlakken naar de ondergrond kan verminderd worden als gevolg van het aanbrengen van meer verharding of door het vervangen van de bestaande verharding door een minder doorlatende. Deze vermindering kan ook bereikt worden door het verharde oppervlak meer afschot te geven en minder oneffen te maken zodat de neerslag sneller oppervlakkig afstroomt. Door de verkorte verblijftijd van de neerslag in kleinere plassen zal er minder infiltreren.

De infiltratie vanaf onverharde terreinen kan verminderd worden door het verbeteren van de mogelijkheden voor oppervlakkige afstroming. Door het dichtrijden of verslempen van onverharde gedeeltes zal eenzelfde effect bereikt worden.

De hoeveelheid infiltrerende neerslag zal ook afnemen, indien de netto neerslag afneemt oftewel als de verliezen toenemen. Dit kan gebeuren door het realiseren van meer berging waaruit de tijdelijk geborgen neerslag kan verdampen.

Door bomen en planten te laten groeien met een groot bladoppervlak zal er meer interceptie ontstaan; door water op platte daken te bergen zal er meer verdampen.

Afname van de kwel.

De eventueel optredende kwel in een gebied zal verminderen wanneer het stijghoogteverschil kleiner wordt of als de weerstand over de slechtdoorlatende laag toeneemt. Het eerste is bijvoorbeeld te bereiken door het dieper gelegen, gedeeltelijk afgesloten grondwater buiten het beschouwde gebied af te pompen. Door deze "uitlaatklep" zal de druk en dus de stijghoogte van het gedeeltelijk afgesloten grondwater dalen en daarmee de kwel verminderen.

De weerstand over de slechtdoorlatende laag kan toenemen door samenpersing.

Afvangen van zijdelingse toestrooming.

Indien een gebied een toevoer van het grondwater heeft middels zijdelingse toestrooming, kan deze aanvulling verminderen door de toestrooming af te vangen. Bijvoorbeeld dijkskwel kan met een kwelsloot en dijkteendrainage worden afgevangen. Een afname van de zijdelingse toestroom kan ook gerealiseerd worden door een damwand of andere grondwaterkerende constructies.

II. toename van de afvoer

Meer inzijging.

De eventuele inzijging in een gebied zal toenemen indien het stijghoogteverschil toeneemt of de weerstand over de slechtdoorlatende laag afneemt. Het eerste gebeurt wanneer de vrije grondwaterspiegel stijgt of de stijghoogte van het gedeeltelijk afgesloten grondwater daalt. Het laatste kan gerealiseerd worden door in de betreffende watervoerende laag af te pompen. De weerstand van de slecht doorlatende laag is te verlagen door het doorboren van deze laag en deze gaten op te vullen met goed doorlatend materiaal als grind, grof zand of kunststof ribbelstroken. Hierop is de werking van verticale drainage voorzieningen gebaseerd.

Bij dergelijke voorzieningen dient vooraf een gedegen onderzoek naar de kwaliteit van het grondwater plaats te vinden. Met name bij inzijging van freatisch grondwater naar de onderliggende watervoerende pakketten bestaat er een groot gevaar voor verspreiding van verontreinigingen. Omdat het water in de afgesloten watervoerende pakketten in het algemeen nog van een goede kwaliteit is wordt dit water veelal gebruikt voor de bereiding van drinkwater. Zodra de verontreinigingen eenmaal in het afgesloten grondwater terecht komen wordt sanering daarvan nog moeilijker dan wanneer de verontreinigingen zich nog in het freatische grondwater bevinden.

Meer evapotranspiratie.

De verdamping vanaf de oppervlakte van de bodem is te vergroten door het bewerken van de grond. Door het doorbreken van de bovenste, enigszins sluitende grondlaag zal de verdamping toenemen. Daarnaast kan ook grondverbetering bijdragen aan een grotere verdamping. Immers door zwarte, humusrijke grond te vermengen met zandige grond zal de capillaire opstijgcapaciteit toenemen en daarmee de verdamping.

Omdat ook de doorwortelbaarheid toeneemt mag ook een grotere plant-verdamping worden verwacht.

De transpiratie van planten is uiteraard te vergroten door meer planten en bomen in het gebied te laten groeien, ook kan gedacht worden aan het vervangen van de bestaande vegetatie door soorten die meer verdampen.

Verbeteren van de drainage.

De eventueel in een gebied aanwezige drainage kan uitgebreid worden, vaker doorgevoerd worden of bemalen worden zodat de afvoer van het drainagesysteem zal toenemen. Naast een intensievere ontwatering kan er ook gedacht worden aan een verbeterde afwatering. Laat men het open water peil dalen, kan ook het drainagepeil lager worden. Deze verlaging van de drainagebasis is met name goed mogelijk bij regelbare drainagesystemen. Hier zal in paragraaf 4.3.3. op worden teruggekomen.

De afvoer van grondwater uit een bepaald gebied kan ook zijn toegenomen door lekkage van riolering.

III. externe factoren

Verhoging van het maaiveld.

Door ophogen van het terrein zal de ontwateringsdiepte toenemen zonder dat de grondwaterstand ten opzichte van het referentievlak (bijvoorbeeld NAP) is gewijzigd. Dit is een van de doelstellingen van het ophogen van terreinen tijdens het bouwrijpmaken.

KLACHT : <i>Schimmel in de keukenkastjes</i>	BOUWFYSICA	WATERHUISHOUDING	REGELGEVING
EFFECT	relatieve luchtvochtigheid in kastjes boven de 70%	hoge luchtvochtigheid in de kruipruimte	te hoge grondwater- standen
TRANSPORT	luchttransport door kieren en langs leidingdoorvoeren	capillaire opstijging en verdamping	geen bindende verant- woordelijkheid voor actief beheersen van de grondwaterstand
BRON	hoge luchtvochtigheid in de kruipruimte	te hoge grondwaterstand onder de kruipruimte	leemtes in de wet op de waterhuishouding

Door bovenstaand schema als uitgangspunt te nemen bij de werkwijze van probleemspecificatie kan het overzicht bewaard worden, terwijl toch alle facetten van de problematiek de aandacht krijgen. Uiteraard kunnen in elk knooppunt van rij en kolom soms meerdere zaken ingevuld worden. Tevens kan er een aanvulling gemaakt worden naar tijd, plaats of andere situatie gebonden factoren als temperatuur, seizoen of bestuurlijke toezeggingen.

Het voordeel van de boven geschetste aanpak is dat hiermee de basis voor de oplossing is gelegd. Immers doordat alle facetten van een probleem in kaart gebracht zijn, kunnen evenzovele mogelijke oplossingen bedacht worden die ieder voor zich of in onderlinge samenhang het probleem zo goed mogelijk bestrijden.

Het opstellen van dergelijke schema's kan gebeuren aan de hand van voorgestructureerde klachtenlijsten van de bewoners. Indien de bewoners hierop de ervaren klachten specificeren naar plaats, tijdstip en -duur van optreden, kan door een hierboven beschreven analyse aangegeven worden welke aspecten achtereenvolgens nader onderzocht dienen te worden.

De klachtenlijst kan door de bewoners zelf opgesteld worden aan de hand van een rapportage van een aantal van belang zijnde omstandigheden waaronder de klachten zich manifesteren. Zo kunnen vochtige plekken op muren gerelateerd worden aan de weersomstandigheden of aan de activiteiten binnenshuis. Eventueel optredende stank in huis kan waargenomen worden gedurende bepaalde jaargetijden of na enige dagen onbewoond zijn van de woning.

3.4.2. onderzoek door bewoners.

In deze subparagraaf zal ingegaan worden op enige eenvoudige methoden voor onderzoek naar eventuele vocht- en grondwaterproblemen in de woonomgeving voor twee verschillende situaties; in bestaande woningen en bij het aanvaarden van een andere woning.

I. Bestaande woning

De bewoners kunnen de klachten nader specificeren door de omstandigheden, waaronder de problemen zich voordoen nader aan te geven. Een methode om deze probleemanalyse gestructureerd uit te voeren is het bijhouden van een probleemlogboek. Een dergelijk logboek wordt opgebouwd door in eerste instantie de problemen op te splitsen naar aard en plaats van voorkomen. Bijvoorbeeld kan er een indeling gemaakt worden naar problemen binnen de woning en daarbuiten. Daarna kunnen de optredende effecten nader omschreven worden door de precieze plaatsen en tijden van optreden aan te geven. Nadat de problemen duidelijk in kaart zijn gebracht, dienen de mogelijke bronnen opgespoord te worden. Om hier achter te kunnen komen kan gebruik gemaakt worden van het logboek waarin de omstandigheden tijdens het optreden van de problemen zijn opgeschreven. Bijvoorbeeld: de datum waarop de problemen werden gesignaleerd, de weersomstandigheden waarbij de problemen optraden of het verloop van de probleemverschijnselen gedurende een periode. (bij voorkeur winter/voorjaar of heel jaar).

II. Aanvaarden andere woning

Indien men een andere woning krijgt aangeboden voor hetzij huur of koop, doet men er verstandig aan om van te voren te achterhalen of er mogelijkere problemen met vocht- en grondwateroverlast zijn te verwachten. Een inspectie van een aantal specifieke plekken in de woning en in de directe omgeving kan in een dergelijk geval uitkomst bieden. Uiteraard kunnen de ervaringen van de vorige bewoners eveneens belangrijke aanwijzingen vormen. Bij een inspectie zal met name gekeken moeten worden naar de vochtigheid van de kruipruimte, eventuele schimmelvorming in de woning en de kwaliteit van waterkerende constructies als daken, muren en raamkozijnen. Indien zich aanwijzingen voor vocht- of wateroverlast voordoen, kan overwogen worden om voor het definitief aanvaarden van de woning een deskundige een nader onderzoek uit te laten voeren. Zo nodig kan in de koop- of huurovereenkomst een regeling betreffende herstel of andere maatregelen opgenomen worden.

checklist :

- inspecteer kruipruimte op condensatiedruppels, schimmelplekken, bodemmateriaal, diepte en vochtigheid van de bodem;
- inspecteer keukenkastjes, meterkast en overige afgesloten ruimtes waar via leidingdoorvoeren de lucht in contact staat met de kruipruimte;
- inspecteer de muren in vaste kasten, achter kasten of wandmeubels die tegen buitenmuren aanstaan op schimmelmoei;
- bruine kringen op plafonds of strepen op schoorstenen kunnen duiden op lekkages;
- wellicht kunt u de waterhuishoudkundige situatie beoordelen na een heftige regenbui, hoewel hier moeilijk algemene conclusies uit getrokken kunnen worden.

3.4.3. gespecialiseerd onderzoek.

De gespecialiseerde, technische onderzoeken zijn onder te verdelen in bouwfysisch en waterhuishoudkundig onderzoek. In het bouwfysisch onderzoek wordt de vochtigheid van lucht, van constructieonderdelen of van scheidende elementen zoals binnenmuren gemeten. ook kan een meting van transport van vocht of van allergenen uitgevoerd worden. Mogelijke vochtbronnen kunnen opgespoord worden door het gebruik van tracers of door chemische analyse van vochtplekken en water.

Het waterhuishoudkundig onderzoek richt zich op het kwantificeren van de termen in de waterbalansen, zoals opgesteld volgens de benadering in paragraaf 3.2.2. Hiervoor dienen meestal in situ een aantal proeven gedaan. Meting van de grondwaterstand met behulp van peilbuizen is daarbij één van de meest voorkomende onderzoeksmethoden. In de nu volgende subparagrafen zullen achtereenvolgens enige bouwfysische en waterhuishoudkundige onderzoeksmethoden aan de orde komen, waarbij van elke methode kort wordt aangegeven wat het principe is en wat de mogelijkheden en eventuele voor- of nadelen zijn.

I. bouwfysisch onderzoek

In het bouwfysisch onderzoek wil men achterhalen wat de transportmechanismen en wat de bronnen van een te hoge relatieve vochtigheid in de woning zijn. Zoals in paragraaf 3.1. vermeld is, kunnen er diverse bronnen voor een te hoge luchtvochtigheid in de woning zijn. Door gerichte toepassing van onderstaande onderzoeksmethoden kunnen uitspraken gedaan worden over het relatieve aandeel van iedere vochtbron, zodat daaruit een voorspelling van de effectiviteit van mogelijke oplossingen is af te leiden.

Ia. luchtvochtigheidsmetingen:

Voor het meten van de luchtvochtigheid bestaan diverse instrumenten. Voor het vastleggen van het verloop van de relatieve vochtigheid in woonvertrekken en in de eventueel aanwezige kruipruimte of kelder is het gebruik van een schrijvende thermo/hygrometer aan te bevelen, een zogenaamde thermo-hygrograaf.

Dit apparaat meet met een bi-metaal-meetelement de temperatuur en met een haarstreng de vochtigheid. Doordat de wijzers zijn voorzien van inktpenningen die over een zich langzaam afwikkelende papierrol bewegen,

wordt het verloop van de geregistreerde meetwaarden van temperatuur en vochtigheid in de tijd op papier vastgelegd.

Het grote voordeel hiervan is dat achteraf het verloop van beide parameters is te relateren aan bepaalde gebeurtenissen, bijvoorbeeld het vaste tijdstip op een dag dat er in de ruimte gekookt wordt, of het moment dat de verwarming uitgeschakeld wordt voor de nacht. Daarnaast kan door het vergelijken van meerdere gelijktijdig opgestelde meters enig inzicht verkregen worden in mogelijk vochttransport.

Naast de beschrijvende luchtvochtigheidsmeters welke over het algemeen zijn gebaseerd op de lengteverandering van een haarstreng, zijn er ook draagbare luchtvochtigheidsmeters op de markt die gebaseerd zijn op het temperatuurverschil van een natte en droge thermometer of op de elektrische geleidingsverschillen onder invloed van de vochtigheid van de lucht.

De voordelen van bovenstaande methoden zijn dat deze niet destructief en flexibel qua toepassing en opstelling zijn. Een nadeel is dat de uitwerking en analyse van de meetgegevens veel tijd vergt.

Ib. materiaalvochtigheidsmetingen:

Voor het bepalen van de vochtigheid van muren, vloeren of andere constructiedelen van de woning bestaan zogenaamde contactvochtigheidsmeters. Veel van dit soort meters zijn gebaseerd op het verschil in elektrische of thermische geleidbaarheid van een materiaal bij verschillende vochtigheden. Met een ijk-kromme of -tabel kan zo na meting van de geleidbaarheid, indirect de vochtigheid worden bepaald. Verstoringen van de meting kunnen optreden door in het materiaal voorkomende zouten. Deze zouten worden bijvoorbeeld met optrekkend bodemvocht in de muur afgezet.

Een methode welke veel gebruikt wordt, bestaat uit het inbrengen van een tweetal staven op enige afstand van elkaar in het te bemeten materiaal. Tussen de twee staven wordt een warmteverschil opgebouwd. Na een zekere aanloopperiode kan uit de te berekenen warmteweerstand afgeleid worden welke vochtigheidsgraad het materiaal heeft.

Nadeel van deze methode is de destructiviteit. Daarnaast is de meting slechts representatief voor een klein gedeelte rondom de opstelling.

Ic. luchttransportmetingen:

Deze metingen hebben tot doel om te bepalen hoeveel lucht bijvoorbeeld vanuit de kruipruimte naar de rest van de woning getransporteerd wordt. Elke luchtdoorlatendheidsmeting berust op het meten van een drukverschil en het gelijktijdig meten van de lucht-volumestroom die bij dat drukverschil door de te beoordelen scheidings-constructie stroomt. De luchtstroom die vanuit de kruipruimte naar de woning stroomt kan men meten door een ventilatievoudmeting met behulp van een tracergas zoals helium.

Helium wordt als tracergas gebruikt omdat het een inert gas is, en dus geen verbindingen aangaat met andere gasen of materialen.

De meting komt er nu op neer dat bij een aantal vaste drukverschillen tussen de kruipruimte en de woning, een ventilatievoudmeting wordt uitgevoerd. Deze ventilatievoudmeting is gebaseerd op het principe van volledige menging van in de kruipruimte geïnjecteerd heliumgas. Deze volledige menging wordt met behulp van ventilatoren verkregen. Na het stoppen van de heliumtoevoer zal de heliumconcentratie in de woning langzaam oplopen afhankelijk van het luchttransport van kruipruimte naar de woning. Door regelmatig monsters te nemen en te analyseren kan bepaald worden wat de luchtdoorlatendheid van de scheidingsconstructie is. Nadat de meting is herhaald voor een aantal constante drukverschillen kan in een grafiek de volumestroom lucht worden uitgezet tegen de grootte van het drukverschil tussen bijvoorbeeld kruipruimte en woonruimten.

De voordelen van de methode zijn dat ze niet destructief is en dat ze een redelijk nauwkeurige manier geeft om de luchtdoorlatendheid van de begane grondvloer te bepalen. Nadeel bij gebruik van tracergassen is dat nog niet duidelijk is in hoeverre deze een schadelijke invloed kunnen hebben op de gezondheid.

Id. gebruik van vloeistoftracers:

Voor het opsporen van vochtbronnen zoals lekkages kan het gebruik van tracers als bepaalde zouten of kleurstoffen een praktisch hulpmiddel zijn. Aangezien inlekkend water zich op allerlei manieren door een constructie kan verspreiden is de plaats waar de effecten van de lekkage worden waargenomen nog geen directe aanwijzing voor de plaats van de lekkage.

Een lekke hemelwaterafvoer kan als veroorzaker van een natte kruipruimte aangewezen worden door kleurstoffen in de dakgoot te strooien. Indien na een paar regenbuien het water in de kruipruimte de kleur overneemt, kan aldus vastgesteld worden dat inderdaad de hemelwaterafvoer de oorzaak of in ieder geval medeveroorzaker is.

Een ander voorbeeld betreft het gebruik van van nature aanwezige stoffen in het vocht of water in de grond, muren of kruipruimten. Door analyse van vochtmonsters in een laboratorium kan mogelijkerwijs worden vastgesteld vanwaar het vocht afkomstig is. Immers met het vocht worden ook stoffen getransporteerd vanuit de plaats van herkomst naar de plaats waar het vochtprobleem wordt ervaren. Hierbij valt te denken aan roetdeeltjes in het geval van een lekke schoorsteen, zouten uit de grond bij optrekkend vocht, of juist de afwezigheid daarvan bij lekke waterleidingen.

Het gebruik van kleurstoffen als vloeistoftracers heeft het voordeel dat tegen geringe kosten bepaalde mogelijke oorzaken onderkend danwel uitgesloten kunnen worden. Daarentegen kan analyse van water-of vochtmonsters een relatief dure en tijdrovende zaak zijn.

II. Waterhuishoudkundig onderzoek

Het waterhuishoudkundig onderzoek richt zich op het kwantificeren van de termen in de waterbalans. De belangrijkste term hierin is de toename van de berging. Deze toename resulteert immers in een verhoging van de grondwaterstand. Een dergelijke verhoging mag in het algemeen slechts in geringe mate en gedurende beperkte tijd toegelaten worden daar anders de eerder genoemde problemen verwacht kunnen worden.

Daarnaast richt het waterhuishoudkundig onderzoek zich op een aantal karakteristieke eigenschappen van de bodem. Dit betreft bijvoorbeeld de doorlatendheid voor grondwaterstroming, de infiltratiecapaciteit, de diepte van een eventuele slechtdoorlatende laag of de verhouding tussen het verharde oppervlak, het onverharde oppervlak en het percentage open water in een gebied.

Ila. Peilbuizen:

Peilbuizen dienen om de grondwaterstand te meten. Ze worden zowel voor het freatische als voor het diepe grondwater gebruikt. Een peilbuis bestaat uit een verticaal in de grond geplaatste, meestal van kunststof vervaardigde, buis van ongeveer 3 centimeter in diameter. Aan de onderzijde bevinden zich in de buis over een hoogte van zo'n 40 centimeter verticale sleufjes voor de inlaat van het grondwater. Ter voorkoming van dichtslibben van de peilbuis worden rondom de sleuven een filterdoek en eventueel een filteromstorting aangebracht. De stijghoogte van het grondwater ter plaatse van de sleufjes in de peilbuis wordt gemeten met een vlotter of met een peilklokje. Plaatsing en onderhoud van een net van peilbuizen voor geohydrologisch onderzoek is een werk dat zorgvuldigheid en het nodige inzicht vereist. Zo heeft plaatsing van een peilbuis te dicht in de buurt van een grote boom weinig zin als men de grondwaterstand onder de woning wil meten.

Door evapotranspiratie zal de boom grondwater onttrekken. Daardoor zal de grondwaterstand zoveel dalen dat hier geen relevante grondwaterstand gemeten kan worden. De plaatsing van peilbuizen en bepaling van stijghoogten in de verzadigde zone wordt in de Nederlandse Eenheids Norm NEN-5766 in detail aangegeven.

Daarnaast dienen de peilbuizen ingemeten te worden. Dit betekent dat de buizen een merkteken krijgen dat in hoogte gerelateerd is aan een vast nulniveau zoals het Normaal Amsterdams Peil. Op deze wijze kan inzicht verkregen worden over het verloop van de grondwaterstand over een groter gebied.

De peilbuizen moeten afhankelijk van de toepassing regelmatig worden afgelezen, zodat het verloop van de grondwaterstand over een lange periode bekend wordt. Voor plaatselijk onderzoek met behulp van peilbuizen zouden deze minstens twee keer per week maar nog beter elke dag afgelezen moeten worden.

De aldus gemeten grondwaterstanden kunnen samen met plaatselijk gemeten neerslag, windsnelheid, temperatuur, uren zonneschijn en open water peil gebruikt worden voor het uitvoeren van enige geohydrologische berekeningen teneinde een schatting te maken van bijvoorbeeld de doorlatendheid en/of het bergend vermogen van de grond.

IIb. doorlatendheidsproef (boorgatmethode):

Een doorlatendheidsproef dient om de doorlatendheid van de bodem voor grondwaterstroming te bepalen. De uitvoering berust op het maken van een cilindervormig boorgat in de grond totdat de bodem daarvan zich op enige afstand onder de grondwaterspiegel bevindt. Door nu snel het boorgat droog te pompen en vervolgens de vulsnelheid te meten, kan bepaald worden wat de doorlatendheid van de bodem rond het boorgat is.

IIc. Bodemonderzoek:

Voor het bepalen van de opbouw van de bodem zijn een sondering en een geo-electrisch onderzoek nuttig. (Elektromagnetisch onderzoek, NEN 5773 en 5774). Door enerzijds het verschil in elektrisch geleidingsvermogen van de verschillende materialen en anderzijds het verschil in punt- en wrijvingsweerstand die een in de grond gedrukte conus ondervindt, kan de grondsoort bepaald worden. Uit de grondsoort kunnen grootheden als doorlatendheid en zettingsgevoeligheid worden geschat. Door het nemen van monsters kunnen in het laboratorium aanvullende onderzoeken gedaan worden zoals het nauwkeuriger bepalen van de zettingsgevoeligheid of van de chemische samenstelling van de grond. Ook aan de hand van de bewortelingsdiepte of van de plaats van ijzerafzettingen kan een indruk worden verkregen over het verloop van de grondwaterstand gedurende langere tijd.

IId. Controle van drainage:

Eenmaal gelegde drainage blijft niet zonder meer uit zichzelf naar behoren functioneren. Door het inspoelen van slibdeeltjes en ijzerverbindingen wordt de drain steeds minder doorlatend. Afhankelijk van de samenstelling van de grond en het grondwater waarin de drain ligt, moet om de twee tot vijf jaar de drain worden doorgestoken. Hiermee worden alle verstoppingen verwijderd en zal de afvoer van de drain dus weer toenemen. Om te bepalen of een drain weer aan onderhoud toe is, kan gebruik gemaakt worden van diverse methoden. Door regelmatig midden tussen de drains de grondwaterstand te meten en gelijktijdig de bijbehorende drainafvoer te meten en tegen elkaar uit te zetten, kan uit het verloop van deze relatie afgeleid worden of de drain aan onderhoud toe is.

IIe. Modelsimulaties:

Voor het controleren van bestaande water-huishoudkundige systemen alsmede voor het ontwerpen van nieuwe systemen zijn de laatste jaren de computersimulatiemodellen in opmars. Doordat voorgestelde wijzigingen in het systeem snel en eenvoudig geëvalueerd kunnen worden op basis van meerjarige neerslagreeksen, is een groot aantal alternatieven te vergelijken op effectiviteit ten aanzien van de beheersing van de grondwaterstand.

Een dergelijk model dat op basis van de stedelijke hydrologie de grondwaterstanden naar tijd en ruimte verdeeld kan voorspellen is het model HYSTED. Dit model werkt met behulp van balansvergelijkingen tussen zogenaamde modules. Elke module stelt een kolom uit de bodem voor waar neerslag op kan vallen die vervolgens in een bepaalde mate infiltreert en zo de grondwatervoorraad in de bodem aanvult. Daarnaast kunnen modules gekarakteriseerd worden als open water of voorzien van drainage. Door uitwisseling met naburige modules is het mogelijk de complete stedelijke hydrologie te simuleren op een personal computer.

De voorspelde grondwaterstanden in de ongewijzigde toestand moeten vergeleken worden met gemeten waarden om het model te calibreren. Vervolgens worden de berekende waarden voor de aangepaste situatie vergeleken met de normen waardoor eventuele maatregelen kunnen worden uitgetoetst en beoordeeld op hun effectiviteit voordat grote investeringen gedaan worden.

3.4.4. Integrale checklist.

Het hierboven beschreven onderzoek is duidelijk gespecialiseerd onderzoek. De uitvoerders hiervan hebben meestal alleen kennis van hun specialisme en bemoeien zich niet met onderzoek en eventuele problemen die op een ander vakgebied liggen. Daarom is het van het grootste belang dat vooraf een gecoördineerd onderzoeksplan wordt opgesteld waar duidelijk uit blijkt welke onderzoeken aan de orde zullen komen, wie de resultaten analyseert en hoe hieruit conclusies zullen worden getrokken.

Zoals reeds eerder aangegeven dient vanaf het begin geprobeerd te worden om zoveel mogelijk alle aspecten te betrekken bij het onderzoek. Door gebruik te maken van de dubbele driedeling naar vakgebieden en probleemaspecten kan er voor gezorgd worden dat er geen punten over het hoofd worden gezien. De capaciteiten van de coördinerende personen en/of instellingen dienen dan ook eerder op het gebied van management te liggen dan op het gebied van specifieke deskundigheid.

In de nevenstaande matrix is aangegeven hoe mogelijke oorzaken zoals naar voren gekomen uit de paragrafen 3.1. en 3.2. onderzocht kunnen worden. Indien op het snijpunt van een kolom (onderzoeksmethoden) en een rij (mogelijke oorzaak) een plus is ingevuld, betekent dit dat de onderzoeksmethode geschikt is om de oorzaak te analyseren.

tabel 3.4. oorzaak en onderzoek matrix bouwfysica

ONDERZOEKSMETHODEN		luchtvochtigheidsmeting	materiaalvochtigheidsmeting	luchttransportmetingen	gebruik van vloeistoftracers
OORZAAK					
-	bouwvocht	+	+	+	
-	optrekkend vocht		+	+	+
-	doorslaand vocht		+		
-	lekkages		+		+
-	kruipruimte	+		+	+
-	ventilatie	+		+	
-	koudebruggen		+		

tabel 3.5. oorzaak en onderzoek matrix waterhuishouding

ONDERZOEKSMETHODEN		peilbuizen	doorlatendheidsproef	bodemonderzoek	controle van drainage	model-simulaties
OORZAAK						
-	lekkage	+		+		+
-	neerslag	+			+	+
-	bodemvocht			+		
-	grondwater (freatisch of afgesloten)	+		+	+	+
-	stagnatiewater	+/-		+		
-	transportprocessen	+	+	+	+	+
-	kwel/inzijing	+		+	+	+
-	drainage	+	+	+	+	+
-	doorlatendheid	+	+	+	+	+
-	rioolcapaciteit					+

HOOFDSTUK 4

DE TWEEDE STAP :

VAN OORZAAK NAAR OPLOSSING

IN DIT HOOFDSTUK WORDT EEN METHODE AANGEREIKT, WAARMEE DE ONDERVONDEN PROBLEMEN OPGELOST KUNNEN WORDEN. DE IDEALE OPLOSSING VAN EEN PROBLEEM BESTAAT VAAK UIT EEN PAKKET VAN MAAT-REGELLEN. DIT WIL ZEGGEN DAT MEESTAL EEN COMBINATIE VAN VOCHT- EN WATERHUISHOUDKUNDIGE MAAT-REGELLEN SAMENGESTELD MOET WORDEN TER BESTRIJDING VAN DE OORZAKEN DIE AAN DE KLACHTEN TEN GRONDSLAG LIGGEN. DEZE MAATREGELLEN WORDEN GEBASEERD OP DE RESULTATEN VAN DE INTEGRALE ANALYSE ZOALS IN HET VOORGAANDE HOOFDSTUK IS AANGEGEVEN.

ALLEREERST ZAL EEN ALGEMENE METHODIEK WORDEN BESPROKEN, WAARMEE COMPLEXE PROBLEMEN OP EEN OVERZICHTELIJKE WIJZE TOT EEN OPLOSSING GEBRACHT KUNNEN WORDEN. DIT VORMT EEN AANZET VOOR HET BEPALEN VAN HET VOOR EEN BEPAALDE SITUATIE MEEST GESCHIKTE PAKKET VAN MAATREGELLEN. HIERNA WORDEN DE BASISPRINCIPES VOOR DE BEHEERSING VAN DE VOCHT- EN WATERHUISHOUDING IN DE WONING, RESPECTIEVELIJK DE WOONOMGEVING AANGEDRAGEN. DIT HOOFDSTUK WORDT AFGESLOTEN MET EEN AANTAL AANWIJZINGEN VOOR CRITERIA WAAROP DE VERSCHIEDENE OPLOSSINGSMOGELIJKHEDEN BEOORDEELD KUNEN WORDEN TENEINDE DE BESTE MAATREGELLEN VOOR EEN BEPAALDE SITUATIE TE KUNNEN KIEZEN.

4.1. METHODIEK VOOR HET BEPALEN VAN DE OPTIMALE OPLOSSING.

- 4.1.1. algemeen
- 4.1.2. basisprincipes
- 4.1.3. randvoorwaarden
- 4.1.4. keuze van het optimale pakket

4.2. BASISPRINCIPES BEHEERSING VOCHTHUISHOUDING.

- 4.2.1. optrekkend vocht
- 4.2.2. doorslaand vocht
- 4.2.3. vochtige kruipruimte
- 4.2.4. overmaat aan woonvocht
- 4.2.5. inwendige condensatie

4.3. BASISPRINCIPES BEHEERSING WATERHUISHOUDING.

- 4.3.1. aan de oppervlakte
- 4.3.2. in de onverzadigde zone
- 4.3.3. verlaging van de grondwaterstand
- 4.3.4. verhoging van de grondwaterstand

4.4. OVERWEGINGEN TEN AANZIEN VAN DE KEUZECRITERIA.

- 4.4.1. kosten-baten analyse
- 4.4.2. verwachte ontwikkelingen
- 4.4.3. uitvoeringsmogelijkheden
- 4.4.4. flexibiliteit
- 4.4.5. milieu-aspecten

4.1. METHODIEK VOOR HET BEPALEN VAN DE OPTIMALE OPLOSSING.

4.1.1. algemeen.

Nadat een duidelijk overzicht is ontstaan van alle oorzaken en de mate waarin elke oorzaak bijdraagt aan het probleem, dient de aandacht verschoven te worden naar de oplossing. Bij het oplossen van complexe problemen wordt het beste resultaat bereikt indien volgens een duidelijke structuur te werk wordt gegaan. Deze structuur dient te waarborgen dat geen mogelijke oplossingen of uitvoeringsmethoden over het hoofd gezien worden. Aanvankelijk dient men zo integraal mogelijk te denken om vervolgens tot een selectie van het beste alternatief te komen.

Als alle mogelijkheden voor sanering van de problemen bekend zijn, dienen deze getoetst te worden aan randvoorwaarden zoals bijvoorbeeld normen voor de toelaatbare variatie van de grondwaterstand. Hierna kunnen de geschikte mogelijkheden uitgewerkt en beoordeeld worden. Uit de beste (deel)oplossingen kan dan uiteindelijk het voor een bepaalde situatie ideale pakket van maatregelen samengesteld worden.

Samengevat bestaat dit proces uit vijf stappen:

1. vanuit de gedetailleerde beschrijving van de oorzaken van de klachten basisprincipes genereren ter beheersing van deze oorzaken;
2. inventarisatie van de relevante randvoorwaarden met daarbij de mate waarin deze eventueel gewijzigd kunnen worden;
3. toetsing van basisprincipes aan randvoorwaarden leidt tot een voorselectie, hierna blijven de mogelijke basisoplossingen over;
4. uitwerken van de basisoplossingen met aanvullende eisen ten aanzien van:
 - kosten en baten,
 - wijze van uitvoering,
 - gewenste eindresultaat,
 - neveneffecten en maatregelen om ongewenste neveneffecten te minimaliseren,
 - mogelijkheden voor controle en onderhoud.
5. het samenstellen van het optimale pakket van maatregelen op basis van een gewogen of andere vorm van multicriteria analyse.

Deze stappen zullen in de hierna volgende paragrafen verder worden toegelicht.

4.1.2. de basisprincipes.

De basisprincipes voor technische oplossingen voor vocht en/of grondwater problemen in en rond de woning worden gegenereerd met behulp van dezelfde dubbele driedeling als gebruikt in de paragraaf "onderzoeksmethoden" in het vorige hoofdstuk.

Deze indeling van de problematiek naar zowel vakgebieden als probleemaspecten, maakt het mogelijk om het overzicht te bewaren en tegelijkertijd toch alle relevante deelproblemen bij de oplossing te betrekken. Omdat dit hoofdstuk in eerste instantie handelt over de *technische oplossingen*, zal de regelgeving voorlopig buiten beschouwing blijven. Aan de oplossing van de bestuurlijke en juridische aspecten van de problematiek wordt het volgende hoofdstuk gewijd.

Voor de technische basisprincipes kunnen we een indeling van de problematiek maken naar enerzijds de vakgebieden bouwfysica en waterhuishouding en naar anderzijds de aspecten bron, transport en effecten van het probleem.

Bij problemen met de vocht- of waterhuishouding zijn de drie genoemde probleemaspecten, noodzakelijkerwijs aanwezig.

Dit betreft in de eerste plaats een vocht- of waterbron van waaruit de overlast gevoed wordt; daarnaast dient het vocht, respectievelijk water getransporteerd te worden van de bron naar de plaats waar het probleem ervaren wordt. Tenslotte wordt de vocht- of wateroverlast pas een probleem, indien de effecten ervan door de bewoners als hinderlijk ervaren worden.

Voor het oplossen van het probleem moet minstens één van deze probleemaspecten geëlimineerd worden.

In het algemeen blijkt de oplossing waarbij de bron bestreden wordt, de meest duurzame. Indien dit niet mogelijk is, kan de bron soms geïsoleerd worden, zodat de als hinderlijk ervaren effecten niet meer optreden.

De tweede methode betreft het uitschakelen van de transportmogelijkheid van de bron naar de plaats waar het probleem wordt ervaren. Hiertoe moet het water meestal een alternatieve transportweg worden geboden die minder overlast veroorzaakt.

Wat als symptoombestrijding aangemerkt kan worden, is het uit het zicht werken van de effecten van het probleem, zoals opnieuw behangen of overschilderen van muren met schimmelplekken. Het mag duidelijk zijn dat in het laatste geval geen sprake is van een echte oplossing, maar van lapmiddelen. Maar deze kunnen de effecten voor de bewoners wel aanvaardbaar maken, zodat de behandeling van deze maatregelen hier niet achterwege zal blijven.

De basisprincipes worden nader beschreven in paragraaf 4.2. voor de vochthuishouding en in paragraaf 4.3. wat betreft de waterhuishouding.

4.1.3. Randvoorwaarden.

Uiteraard zijn niet alle basisprincipes in elke situatie toepasbaar. Zo kunnen bijvoorbeeld bij aanwezigheid van houten paalfunderingen in de omgeving van een gebied met wateroverlast, beperkingen aan het vergroten van de drooglegging gesteld worden in verband met het risico van droogvallen van de paalkoppen. Daarnaast worden ook vaak eisen gesteld aan de onder- en bovengrens waar tussen het open waterpeil mag variëren. Het zal duidelijk zijn dat de hoeveelheid neerslag die jaarlijks in een gebied valt evenmin te beïnvloeden is door menselijk ingrijpen. Dergelijke harde voorwaarden waaraan de oplossing absoluut gebonden is, noemt men de randvoorwaarden.

Van belang is dat meteen wordt vastgelegd in welke mate de randvoorwaarden ook daadwerkelijk onveranderbaar zijn of binnen welke grenzen er variatie is toegestaan. Geldt een bepaalde norm als ervaringswaarde of is het een absolute minimum- of maximummaat waar bij afwijkingen direct ernstige schade optreedt?

Voor de vochtthuishouding bestaan de randvoorwaarden onder andere uit de streefwaarden van de relatieve luchtvochtigheid in de diverse vertrekken met daarbij de toelaatbare minimum- en maximumwaarden, uit de niet te veranderen grootte van de vochtproductie, uit normen ten aanzien van ventilatievouden, dampremmende werking van constructieonderdelen en overige relevante bouw-fysische eisen. Deze randvoorwaarden zijn veelal vastgelegd in bouwbesluiten en gemeentelijke verordeningen.

Voor de waterhuishouding bestaan de randvoorwaarden onder andere uit de gemiddelde belasting van het gebied door neerslag, door zijdelingse toestroming en kwel, uit de vastgestelde open water peilen en uit fysische grootheden zoals de capaciteiten voor infiltratie, percolatie, grondwaterberging of rioolloop, alsmede de variatie daarin. Deze randvoorwaarden zijn veelal vertaald in ontwateringsnormen, verordeningen of besluiten. Anders dienen ze door onderzoek bepaald te worden.

Indien de randvoorwaarden inclusief speelruimte zijn geïnventariseerd, kunnen de basisprincipes hieraan getoetst worden. Deze toetsing leidt tot een voorselectie waarbij de niet-realiseerbare principes worden gescheiden van de wel-uitvoerbare. Nadat de mogelijk haalbare basisprincipes zijn aangevuld met eisen ten aanzien van uitvoering, gewenst eindresultaat en dergelijke, kunnen concrete oplossingen samengesteld worden.

Uiteindelijk zal deze fase resulteren in een aantal concrete methoden voor de oplossing van de problemen. Hieruit moet dan het ideale pakket gekozen worden.

4.1.4. De keuze van het optimale pakket.

Voordat uit alle mogelijkheden het optimale pakket gekozen kan worden, dient eerst te worden omschreven wanneer we iets optimaal vinden. Om dit te kunnen bepalen kan men van verschillende principes uitgaan. Zo kan men optimaliteit omschrijven als die situatie, waarbij de burgers geen klachten meer hebben. Een andere mogelijkheid is optimaliteit te definiëren als die situatie waarbij de beschikbare middelen een maximaal (financieel) rendement opleveren. In theorie is optimaliteit dus afhankelijk van de doelstellingen die nagestreefd worden. In de praktijk zijn nooit alle doelstellingen maximaal te realiseren. Doelen zijn vaak tegenstrijdig en kunnen derhalve niet gelijktijdig volledig bereikt worden.

Om nu toch te kunnen bepalen welke mogelijke oplossingen zo goed mogelijk voldoen aan de gewenste doelen, kan een hulpmiddel als een "*gewogen-multicriteria-analyse*" worden gebruikt. Hierbij worden aan de verscheidene doelen waarden toegekend die in overeenstemming zijn met de onderlinge importantie. Een rangorde zou bijvoorbeeld bepaald kunnen worden door een enquête onder de betrokkenen. Als eenmaal een rangorde is bepaald binnen de doelstellingen die men wil bereiken, kan door deskundigen bepaald worden in welke mate elke oplossing tegemoet komt aan de verscheidene doelstellingen. Nadat zo per doelstelling bepaald is welk alternatief het beste zal voldoen, kan voor elke oplossing een score bepaald worden die aangeeft in welke mate deze oplossing optimaal is.

Deze criteria kunnen betrekking hebben op de investerings- of onderhoudskosten van de oplossing; op de mate van ongemak tijdens de uitvoering of op de duurzaamheid van de oplossing. Uiteraard zullen de effecten van maatregelen op het milieu meewegen in de keuze. Daarnaast valt te denken aan mogelijkheden voor controle op de werking, ervaring met de uitvoering of aan de mogelijkheden voor het noodzakelijke onderhoud van de oplossing.

Samengevat komt het bepalen van het optimale pakket aan maatregelen neer op de volgende vijf stappen:

1. Bepaal de criteria aan de hand waarvan de mogelijke alternatieve oplossingen beoordeeld zullen worden;
2. Bepaal de onderlinge rangorde van belangrijkheid van de diverse criteria, en geef ieder criterium een relatief gewicht in overeenstemming met die rangorde;
3. Werk mogelijke alternatieven uit naar kosten, effectiviteit, neveneffecten, methode van uitvoering, levensduur en wat verder van belang geacht wordt;
4. Bepaal de mate waarin ieder alternatief tegemoet komt aan de gestelde criteria, per criterium kan nu een rangorde binnen de alternatieven bepaald worden op basis van de mate waarin elk alternatief tegemoet komt aan deze doelstelling;
5. Bereken de score van elk alternatief door de alternatieven per criterium punten toe te kennen in overeenstemming met de mate waarin deze voldoen aan de doelstelling in het criterium. Deze punten worden per criterium vermenigvuldigd met de waarde die het relatieve belang van dat criterium aangeeft.

Voorbeeld multi-criteria-analyse.

Als voorbeeld voor de toepassing van een multi-criteria-analyse bij het kiezen van de optimale oplossing, wordt hierna een fictief praktijkprobleem uitgewerkt.

Stel dat de klachten van bewoners bestaan uit:

- *afbladderend stucwerk op de muren;*
- *aantasting van het tapijt op de begane grond vloer, met name nabij het kruipluik;*
- *stank in de hal.*

Uit een eerste onderzoek blijkt dat de mogelijke oorzaken voor deze klachten zijn:

- *vochtige kruipruimte, schimmelgroei op de muren in de kruipruimte;*
- *het gebruikte zand voor de bodem van de kruipruimte is erg slibrijk;*
- *slechte afwerking van de afsluiting tussen de begane grondvloer en de muren, hierdoor vindt er een groot transport van vocht en allergenen plaats vanuit de kruipruimte naar de spouw in de woning-scheidende muren;*
- *het kruipluik is door schimmels aangetast, deze aantasting verspreidt zich over de begane grond vloer en bereikt zo ook het tapijt rond het kruipluik.*

Nader onderzoek toont aan dat de relatieve luchtvochtigheid in de kruipruimte gedurende het hele jaar boven de 90% bedraagt. De temperatuur in de kruipruimte bedraagt tussen de 12 en 14 graden Celcius. Na hevige regenbuien staat in sommige kruipruimtes water. De grondwaterstand blijkt voldoende diep onder het maaiveld te blijven.

Uit het overzicht van de resultaten van alle onderzoeken moet geconcludeerd worden dat de klachten van de bewoners gegrond zijn en dat er dringend sanering gewenst is. De hoofdoorzaak van de problemen blijkt te zijn:

Ten gevolge van zakking van de woningen en de grond daar direct omheen is er een oppervlakkige toestroming van neerslag naar de gevel toe. Deze toevoer is zodanig dat de kruipruimtebodems verzadigd raken met dit regenwater. Hierbij speelt ook de diepe ligging van het oppervlak van de kruipruimte bodem in relatie met de aanlegdiepte van de gevelvorstrand een rol. Doordat de bodem van de kruipruimte slibrijk is, wordt het regenwater in deze bodem vastgehouden. De temperatuur in de kruipruimte in combinatie met de ruime aanwezigheid van bodemvocht zorgt voor een bijna continue verdamping van grondwater zodat de RV in de kruipruimte vrijwel constant zo'n 90% bedraagt.

De gevolgen van dit hoofdprobleem zijn:

- *schimmelgroei in de kruipruimte;*
- *transport van vocht en van allergenen vanuit kruipruimte via de spouw;*
- *hoge materiaalvochtigheid van de muren ten gevolge van optrekkend vocht waardoor stucwerk loslaat;*
- *schimmelgroei op de onderkant van het kruipluik;*
- *aantasting van het tapijt;*
- *stank;*

De oplossing voor deze problematiek kan met verscheidene basisprincipes worden bestreden:

1. bronbestrijding:

- ophogen terrein rond woning met een afschot van de gevel af;
- verbeteren infiltratiecapaciteit terrein rondom woning;
- verdiepen gevelvorstrand.

Deze maatregelen beperken de toevoer van regenwater naar de kruipruimte.

2. transportbestrijding:

- ophogen kruipruimte met goed doorlatend zand;
- aanbrengen bodemafluiters;
- isoleren van bg-vloer en warmwaterleidingen in kruipruimte.

Deze maatregelen verminderen de verdamping van bodemvocht vanuit de kruipruimte bodem.

3. effectbestrijding:

- afdichten stromingsgaten in begane grondvloer naar spouw, meterkast, leidingdoorvoeren et cetera met PUR-schuim o.i.d.;
- realiseren van meer ventilatie in de kruipruimte.

Deze maatregelen beperken de gevolgen van de verdamping van bodemvocht.

Gegeven de lokale randvoorwaarden vallen enkele basisprincipes af:

- ophogen niet mogelijk in verband met toegang tot woningen en moeilijkheden met extra aanvoer van neerslag naar trottoirs.
- verdiepen gevelvorstrand niet haalbaar in verband met paalfunderingen.
- ophogen kruipruimtebodem niet mogelijk in verband benodigde ruimte voor bereiken van de leidingen.

De overige basisprincipes blijken uitvoerbaar.

pakket samenstellen uit:

1. verbeteren infiltratiecapaciteit;
2. meer ventilatie in kruipruimte;
3. aanbrengen bodemafluiters;
4. afdichten stromingsgaten;
5. isoleren warme leidingen en bg-vloer;

De eisen tav de gewenste situatie en uitvoering zijn: (toetsingscriteria)

- i. de bewoners mogen geen hinder meer ondervinden van de allergenen die door schimmels verspreid worden;
- ii. de grondwaterstand mag niet beïnvloed worden door de maatregelen omdat anders nieuwe problemen geïntroduceerd worden;
- iii. kosten en baten afweging is belangrijk;
- iv. bewoners willen zo min mogelijk hinder van de werkzaamheden;
- v. het milieu mag niet nadelig beïnvloed worden;
- vi. de werkzaamheden moeten uitgevoerd kunnen worden door de technische dienst van de woningbouwvereniging.

Nu kunnen verscheidene pakketten samengesteld worden met behulp van de basisprincipes 1 t/m 5 die allen in een bepaalde mate tegemoet komen aan de criteria i t/m vi.

Door het gebruik van een **multi-criteria-analyse** is het mogelijk om de verschillende belangen van alle betrokken partijen mee te laten wegen in de samenstelling van het **optimale pakket**. Dit gaat als volgt:

De betrokken partijen zijn:

- a. *bewoners;*
- b. *woningbouwvereniging;*
- c. *subsidiegever, de gemeente;*

De drie partijen spreken af dat ieder criterium van een rangorde wordt voorzien, aflopend van 6 t/m 1 waarbij het belangrijkste criterium gewicht 6 krijgt, het op een na belangrijkste 5 enzovoorts.

Om dit vast te stellen worden alle betrokken gevraagd hun voorkeuren aan te geven op een formulier. De uiteindelijke middeling vindt plaats en de volgorde van belangrijkheid is dan:

i = 6, ii = 5, v = 4, iv = 3, iii = 2, vi = 1.

Er wordt aan een onafhankelijk deskundige gevraagd de voorgestelde mogelijkheden te beoordelen aan de hand van de gestelde criteria. Dit levert een tabel op waarbij per criterium is aangegeven welke maatregel het beste tegemoet komt aan dat criterium. De beste maatregel krijgt 5 punten, de een na beste 4 enzovoorts. Bij gelijke waardering kunnen de alternatieve methoden een gelijke beoordeling krijgen. Dit levert de volgende tabel:

methodes: criteria:	1	2	3	4	5
i	3	1	4	5	1
ii	1	4	2	5	3
iii	2	4	1	3	5
iv	4	3	1	2	5
v	1	5	3	2	4
vi	1	5	2	3	4

NB.: de hier aangegeven waarderingen zijn uiteraard sterk afhankelijk van de plaatselijk omstandigheden en zeker niet algemeen overdraagbaar.

De laatste stap betreft het vermenigvuldigen van de waarderingen met het gewicht van het bijbehorende criterium. Daarna worden de producten per methode gesommeerd. Dit levert de volgende **beoordeling** van de methoden:

methode	beoordeling
1	$(3 * 6) + (1 * 5) + (2 * 2) + (4 * 3) + (1 * 4) + (1 * 1) = 44$
2	$(1 * 6) + (4 * 5) + (4 * 2) + (3 * 3) + (5 * 4) + (5 * 1) = 68$
3	$(4 * 6) + (2 * 5) + (1 * 2) + (1 * 3) + (3 * 4) + (2 * 1) = 53$
4	$(5 * 6) + (5 * 5) + (3 * 2) + (2 * 3) + (2 * 4) + (3 * 1) = 78$
5	$(1 * 6) + (3 * 5) + (5 * 2) + (5 * 3) + (4 * 4) + (4 * 1) = 66$

De volgorde van gewenste maatregelen is dus:

- *afdichten stromingsgaten;*
- *meer ventilatie in kruipruimte;*
- *isoleren warme leidingen en bg-vloer;*
- *aanbrengen bodemafsluiter;*
- *verbeteren infiltratiecapaciteit;*

Hierbij dient gewaarschuwd te worden voor het kiezen van maatregelen indien de uitkomsten dicht bij elkaar liggen. De methode zal dan nog enige malen herhaald moeten worden met andere gewichtensets. Een geheel ander beeld zal verkregen worden indien het criterium dat de allergenen niet naar de woning verspreid mogen worden een gewicht 10 krijgt in plaats van de nu maximaal toegestane 6.

Uiteindelijk zal men dan op grond van meerdere multi-criteria-analyses kunnen beslissen dat de volgende maatregelen het beste kunnen worden uitgevoerd:

- **afdichten stromingsgaten;**
- **meer ventilatie in kruipruimte;**
- **isoleren warme leidingen en bg-vloer.**

4.2. BASISPRINCIPES BEHEERSING VOCHTHUISHOUDING.

In deze paragraaf wordt achtereenvolgens aangegeven volgens welke basisprincipes de verschillende oorzaken voor problemen in de vochthuishouding in een woning beheerst kunnen worden. Per oorzaak zijn drie typen basisprincipes aan te geven die zijn gebaseerd op de drie aspecten voor elk probleem. Per maatregel zijn in het kort enige van belang zijnde zaken aangegeven zoals de te verwachten effectiviteit, wijze van uitvoering, de toepasbaarheid en eventuele neveneffecten.

4.2.1. optrekkend vocht.

BRON	:	GRONDWATER, BODEMVOCHT OF WATER IN KELDER OF KRUIPRUIMTE.
TRANSPORT	:	CAPILLAIRE, HYGROSCOPISCH.
EFFECT	:	SCHIMMEL OF VOCHTPLEKKEN OP MUREN, INWENDIGE CONDENSATIE.

1. Maatregelen aan de bron.

Om het probleem van optrekkend vocht aan de bron te bestrijden, dient men de constructies die een capillaire werking hebben, te isoleren van het omringende water of vocht. Dit betreft die onderdelen van de woning die direct in contact komen met het water of met het vocht dat zich hetzij in de grond, hetzij in de kruipruimte bevindt. Verbreken van het contact tussen de capillairen en het vocht kan gebeuren met behulp van een waterkerende folie die bijvoorbeeld wordt aangebracht rondom de funderingsconstructie en rondom de ondergrondse muren. In plaats van een folie kan voor hetzelfde doel ook gebruik gemaakt worden van een bitumineuze laag of van een ander middel dat een waterdichte afsluiting garandeert. Het voordeel van bitumen boven het gebruik van een folie is dat bitumen beter de vorm van de constructie kan volgen. Bij onregelmatige vormen wordt met een bitumen omhulling een betere aansluiting en dus een betere bescherming gegarandeerd. Bij deze oplossing kan een onderscheid gemaakt worden tussen de constructiedelen boven en onder de grondwaterspiegel. Immers onder de grondwaterspiegel ondervinden de capillairen in de constructie de waterdruk.

Hierdoor zullen deze capillairen meer vocht transporteren. Ten gevolge van deze druk zal het water zich ook veel eerder door een eventuele opening een weg weten te banen. Dit heeft tot gevolg dat de maatregelen voor niets zijn geweest indien er nog kleine openingen in de aansluitingen van het omhullende materiaal achterblijven. In het algemeen zijn de te beschermen constructiedelen zeer moeilijk achteraf te bereiken, zodat deze maatregel alleen goed uitvoerbaar is tijdens de nieuwbouw, het groot onderhoud of renovatie van de woning.

Een andere bestrijding aan de bron is het voorkómen van overmatige vochtigheid van de omgeving van de fundering en muren beneden het maaiveld. Hiervoor dient de grondwaterstand evenals het bodemvochtgehalte laag te blijven. De hiervoor geschikte maatregelen zullen in paragraaf 4.3. aan de orde komen. In de praktijk blijkt echter dat een zo laag bodemvochtgehalte moeilijk is te realiseren zodat er meestal nog voldoende vocht in de omringende grond aanwezig is om capillair op te kunnen stijgen in zowel fundering als muren.

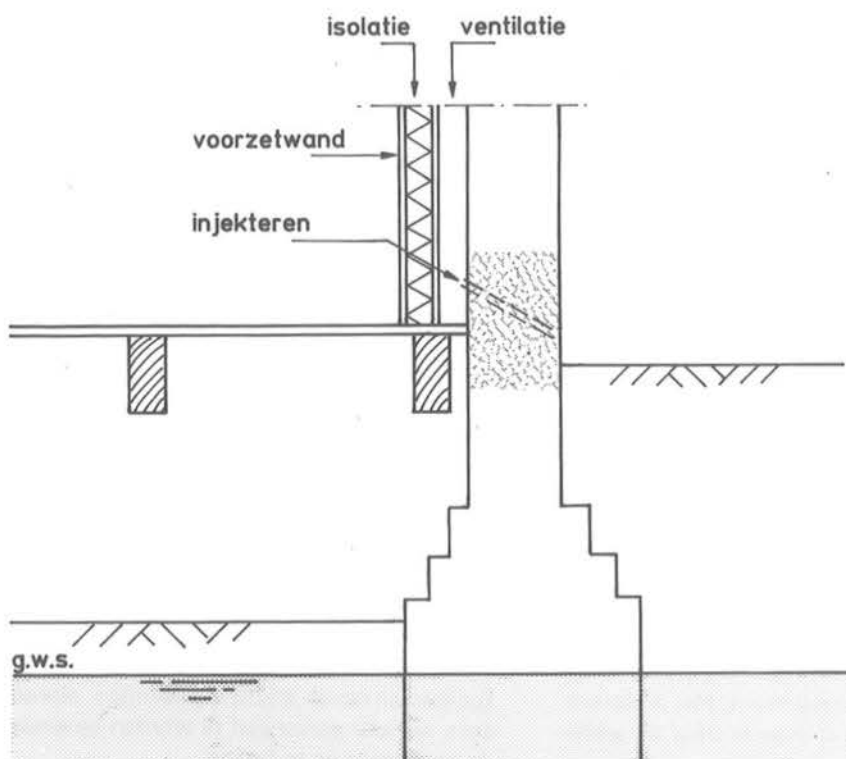
II. Maatregelen ter bestrijding van het transport.

Het transport van optrekkend water via muren is te remmen met diverse maatregelen. Deze bestaan uit een waterkerende laag (trasraam) in de muur boven het maaiveld. In principe dient reeds bij de bouw van de woning een dergelijke voorziening aangebracht te zijn, in de vorm van zo'n twaalf lagen metselwerk, half boven en onder het maaiveld, welke gemetseld zijn met een meer waterdichte specie en een hardere klinkersoort. Indien bij de bouw dit trasraam achterwege is gelaten, kan achteraf een waterkerende laag in de muur aangebracht worden. Dit kan door het horizontaal aanbrengen van metalen platen in de muur of door het injecteren van in de muur uithardende kunststoffen.

III. Maatregelen ter bestrijding van effecten.

Het uitsluitend weg- of uit het zicht werken van de gevolgen van optrekkend vocht is niet aan te bevelen daar de gevolgen weer spoedig terug zullen keren. Indien een voorzetwand geplaatst wordt, kan weliswaar het als hinderlijk ervaren optreden van schimmelgroei of vochtplekken op de bestaande muur aan het oog worden onttrokken, echter tengevolge van het doorgaan van de schimmelgroei op de bestaande muur zal de luchtkwaliteit in de nieuwe spouw zodanig verslechteren dat het binnenklimaat hierdoor opnieuw zal worden aangetast.

Extra ventilatie van de muren via de spouw om het overvloedige vocht weer af te voeren moet eveneens ontraden worden, daar dit veel energieverlies met zich mee brengt en in ons vochtige regenachtige klimaat meestal weinig effect sorteert.



figuur 4.1. maatregelen ter bestrijding van optrekkend vocht

4.2.2. doorslaand vocht.

BRON	:	NEERSLAG, GRONDWATER, STAGNATIEWATER.
TRANSPORT	:	DOOR SPLETEN, CAPILLAIR, VOCHTBREUGGEN, OVERDRUK VAN GRONDWATER OF WIND.
EFFECT	:	SCHIMMEL, VOCHTPEKKEN, INWENDIGE CONDENSATIE, WATER IN DE KRUIPRUIMTE.

1. Maatregelen aan de bron.

Voor doorslaand vocht in muren en vloeren van *kelders en sousterrains* gelden vergelijkbare maatregelen als bij optrekkend vocht. Kelders en sousterrains bevinden zich in het algemeen geheel of gedeeltelijk onder de grondwaterspiegel. Daardoor verdienen deze ruimtes speciale aandacht wat betreft de uitvoering van de muren en vloeren. De constructie van dergelijke ruimtes dient als een geheel waterdichte bak te worden uitgevoerd. Dit kan uiteraard het beste gebeuren tijdens de aanleg. Traditioneel wordt het metselwerk uitgevoerd met waterdichte specie, en wordt een waterdichte betonsoort gebruikt voor de vloer. Met het meer beschikbaar komen van allerlei folies worden dergelijke constructies ook waterdicht uitgevoerd door een folie-omhulling. Door zetting kunnen echter spleten in de muur of scheuren in de folie of ander waterkerende voorziening ontstaan. Indien deze lekkages zich onder de grondwaterspiegel voordoen, is reparatie hiervan in het algemeen alleen mogelijk door tijdelijke verlaging van de grondwaterstand, zodat de werkzaamheden in den droge kunnen worden uitgevoerd.

Doorslaand vocht is achteraf aan de bron te bestrijden door de druk van het grondwater te verminderen door de grondwaterstand omlaag te brengen. Daarnaast kan de constructie van de bron afgesneden worden door de delen die vochtdoorslag ondervinden, aan de buitenzijde bloot te leggen waarna deze met bitumen, speciale specie of een folie weer waterdicht gemaakt worden. Van binnenuit kan het beste de muur met een waterbestendige specie worden aangesmeerd. Het probleem blijft dan echter dat deze er door de waterdruk af gedrukt kan worden.

Voor bronbestrijding van vochtdoorslag van aan weer en wind blootgestelde *buitenmuren* bestaat de mogelijkheid om deze muren te voorzien van een aan de buitenzijde aangebrachte bescherming. Deze bescherming kan bestaan uit een waterdichte coating of uit een voorzetwand. Voor dit doel zijn diverse coatings in de handel. Een voorzetwand kan bestaan uit een klamplaag welke met spouw wordt uitgevoerd. Deze klamplaag kan opgebouwd worden uit metselwerk, hout, betonnen of kunststof elementen. Een dergelijke voorzetwand dient met een spouw tussen de voorzetwand en de oorspronkelijke buitenmuur te worden uitgevoerd. Onderin de spouw dient een voorziening te worden aangebracht om het vocht uit de spouw naar buiten af te voeren, alsmede om de spouw te ventileren. Uiteraard dient er op gelet te worden dat geen vochtbruggen ontstaan. Deze maatregelen zijn het beste toepasbaar voor zogenaamde blinde gevels (zonder ramen) zoals deze bijvoorbeeld ontstaan bij het slopen van een pand in een rij. Doordat de oorspronkelijk woningscheidende muur niet waterbestendig is uitgevoerd, moeten er maatregelen getroffen worden indien na slopen van het belendende pand deze muur blootgesteld wordt aan regenwater.

Het doorslaand vocht via kieren in de aansluiting tussen *muren en kozijnen* kan bestreden worden door het dichten van deze kieren met kit of dichtingsstrippen. Overigens betreft het hier vaak de gevolgen van achterstallig onderhoud. Indien de kwaliteit van de kozijnen en ramen slecht is geworden, dienen deze wellicht vervangen te worden teneinde de problemen op te lossen.

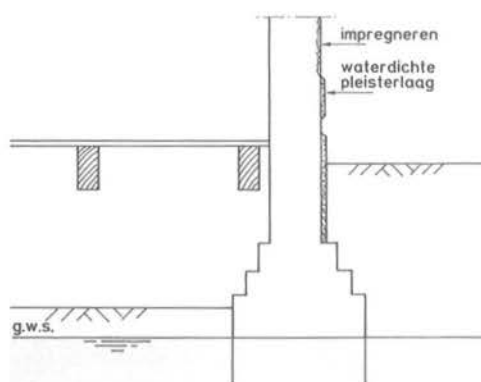
II. Maatregelen ter bestrijding van het transport.

Het vochttransport door buitenmuren vindt hoofdzakelijk op twee manieren plaats. In de eerste plaats wordt het water capillair opgezogen van het buitenoppervlak en zo door de capillairen naar het binnenoppervlak getransporteerd. Indien de muur met een spouw is uitgevoerd hoeft er geen probleem te ontstaan. Het vocht dat door de buitenmuur in de spouw komt, zakt langs de binnenkant van het buitenspouwblad naar beneden en wordt daar op een loodslab of folie opgevangen en via open stootvoegen in het buitenspouwblad weer naar buiten afgevoerd. Daarnaast zal via ventilatie door dezelfde open stootvoegen het vocht afgevoerd worden.

De problemen ontstaan indien zich vochtbruggen tussen het buiten- en binnenspouwblad voordoen in de vorm van ingevallen specieresten of dergelijke. Deze kunnen het water vervolgens naar het binnenblad doorvoeren en zo de problemen in de woning introduceren. Aan deze vochtbruggen is achteraf weinig meer te doen. Eventueel kan met behulp van een speciaal apparaat in de spouw gekeken worden om zo de vochtbruggen op te sporen. Deze methode heet endoscopie en is gebaseerd op het inspecteren van de spouw met een minuscule camera, waarna de geconstateerde vochtbruggen verwijderd worden na het uitbreken van enige stenen ter plaatse. Door de geringe bereikbaarheid van de oorzaken in de spouw bereikt men het meeste effect indien voorkomen wordt dat het vocht de vochtbrug bereikt. De remedie bestaat in dit geval uit het impregneren van de buitenmuur zodat het vocht zich niet naar binnen kan verspreiden. Voor het impregneren zijn middelen gebaseerd op siliconen of polyurethanen het meeste aan te raden. De laatste producten harden zelfs uit op een vochtige ondergrond.

III. Maatregelen ter bestrijding van effecten.

De effecten van vochtdoorslag zijn te bestrijden door het plaatsen van een voorzetwand aan de binnenkant van de woning. Deze wand vormt een tweede spouw waardoor de effecten van de vochtdoorslag uit het zicht geraken. Bij de uitvoering dient er uiteraard op toegezien te worden dat de voorzetwand geen contact maakt met de oude binnenmuur waardoor het vocht weer in de voorzetwand komt en de problemen weer van voren af aan beginnen. Bij toepassing van dergelijke voorzetwanden dient de nieuwe spouw voldoende geventileerd te worden. Daarnaast moeten er mogelijkheden geschapen worden voor de afvoer van het vocht uit de bestaande buitenmuur en spouw naar buiten.



figuur 4.2. maatregelen tegen doorslaand vocht.

4.2.3. vochtige kruipruimte.

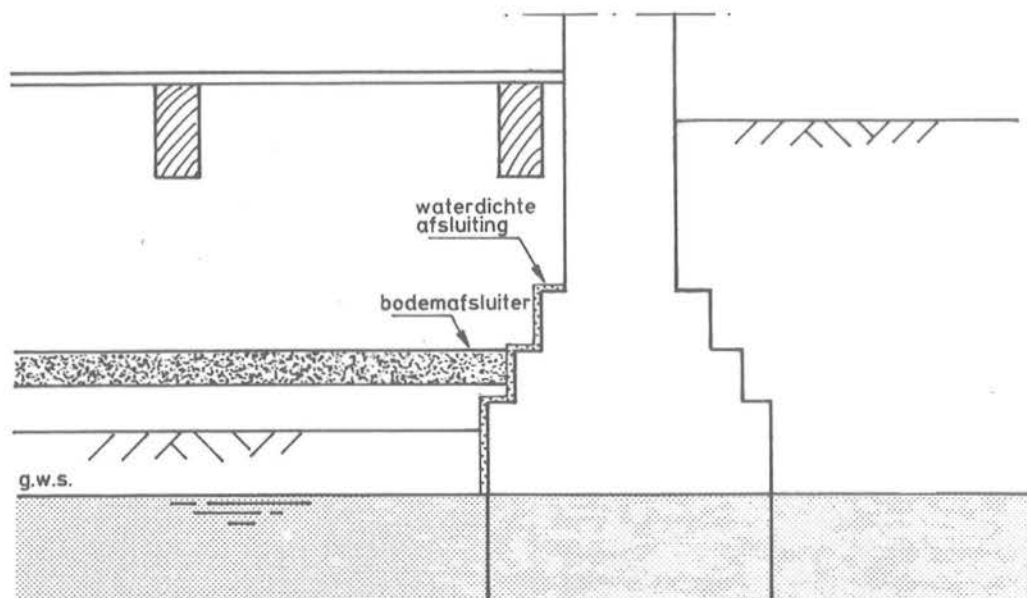
BRON	:	GRONDWATER, SCHIJNSPIEGELS (STAGNATIEWATER), LEKKAGE, OPTREKKEND OF DOORSLAAND VOCHT, LEKKE WATERLEIDING OF AFVOER.
TRANSPORT	:	VERDAMPING, INSTROMING ONDER ZWAARTEKRACHT.
EFFECT	:	SCHIMMELGROEI, TRANSPORT VAN VOCHT EN ALLERGENEN NAAR DE WONING.

I. Maatregelen aan de bron:

De bestrijding van de bronnen voor een te hoge luchtvochtigheid in de kruipruimte vereisen ieder hun eigen aanpak.

Als de grondwaterstand te hoog is, zal grondwater verdampen en zo de relatieve vochtigheid in de kruipruimte onacceptabel hoog doen oplopen. Bij voorkeur dient de grondwaterstand dertig centimeter onder de kruipruimtebodembodem te blijven. Dit is enerzijds te realiseren met waterhuishoudkundige maatregelen. Hierop zal in de volgende paragraaf worden teruggekomen. Anderzijds kan de juiste afstand tussen grondwater en bodem van de kruipruimte ook verkregen worden door ophoging van de kruipruimtebodembodem.

De afstand tussen de bodem en de begane grondvloer hoeft niet meer te bedragen dan zo'n 40 cm. Indien deze afstand door zetting of onjuiste aanleg groter is, dient er aangevuld te worden met **schoon, grof zand**. Als het grondwater voldoende afstand krijgt tot de kruipruimtebodembodem zal de verdamping van grondwater geen problemen meer opleveren. Andere methoden om verdamping van het grondwater in te perken bestaan uit het aanbrengen van een dampremmende afsluiting op de kruipruimte bodem. Dergelijke afsluitingen zijn te realiseren met folies, schuimbeton, schelpen of een spuitbaar kunststof schuim.



figuur 4.3. maatregelen tegen verdamping van grondwater.

Bij toepassing van een folie dient er rekening gehouden te worden met een eventuele grondwaterstand boven het niveau van de folie. Door de druk kan de aansluiting van de folie met de wanden verbroken worden waardoor er zich plassen op de folie vormen. Zo zal het vochtprobleem weer toenemen.

Hetzelfde geldt bij toepassing van een betonnen bodemplaat. Zowel bodemafluitingen met een folie als uit beton dienen derhalve uitgevoerd te worden met mogelijkheden voor de afvoer van water vanaf de bovenkant van de afsluiting naar buiten de kruipruimte. Door toepassing van lichtgewichtschuimen kan bij stijging van de grondwaterstand het schuim mee stijgen zodat de dampremmende werking blijft bestaan. In de praktijk wordt dit echter vaak bemoeilijkt door de aanwezigheid van leidingen. Daarnaast is de vochtichte aansluiting op de muren een probleem.

Het bedekken van de kruipruimtebodem met schelpen of anderszins grofkorrelig materiaal heeft het voordeel dat de gehele kruipruimte met alle onregelmatige vormen en leidingen beter gevuld wordt dan bij toepassing van platen of folies. Schelpen hebben daarnaast het voordeel dat deze eventuele grondlucht absorberen. Gewaarschuwd moet worden voor het toepassen van korrels die zelf poreus zijn (bv. geëxpandeerde kleikorrels). Deze zullen het water opnemen, verzadigd raken en daarna kan de verdamping in gelijke mate doorgang vinden als voor de maatregel.

Een andere bron voor te vochtige kruipruimtes vormen de muren onder de begane grond vloer. Indien deze problemen ondervinden met optrekkend of doorslaand vocht kan vocht vanuit deze muren verdampen. Deze bronnen dienen bestreden te worden zoals in de vorige twee subparagrafen is uiteengezet.

Bij nieuwbouw kunnen grondwaterproblemen met kruipruimtes voorkomen worden door kruipruimteloos te gaan bouwen.

II. Maatregelen ter bestrijding van het transport.

Er zijn in hoofdzaak drie mogelijke mechanismen aan te wijzen voor het transport van water of vocht naar de kruipruimte. In de eerste plaats kan water als gevolg van een lekkage van enigerlei aard instromen. De tweede wijze van transport bestaat uit het instromen van grondwater of neerslag van buiten de gevel via scheuren in de muren of onder de gevel door. Verdamping van grondwater of vocht dat zich in de omringende muren bevindt, moet eveneens genoemd worden.

Het moge duidelijk zijn dat de eerstgenoemde problematiek alleen juist te bestrijden is door het verhelpen van de lekkage.

Het instromen van grond- of regenwater is te bestrijden door twee maatregelen. In de eerste plaats dient het regenwater dat zich vanaf de oppervlakte langs de gevel en uiteindelijk onder de vorstrand van de gevel door een weg baant naar de kruipruimte, een alternatieve route ter afstroming geboden te worden. Doordat de verharding van het tegen de gevel aansluitende oppervlak onder een verkeerd afschot ligt, naar de gevel toe, is er een te groot aanbod van afstromend water tijdens neerslag. Door de verharding een ander afschot, van de gevel af, te geven kan het probleem ten dele verholpen worden.

Daarnaast kan het water zich door jarenlange uitschuring een doorgang onder de gevelvorstrand gebaad hebben. Deze doorgang dient weer opgevuld te worden. Indien de onderkant van de vorstrand van de gevel of de bodem van de kruipruimte niet op de goede diepte zijn aangebracht of althans nu niet meer zijn, dienen deze tot de juiste peilen hersteld te worden.

Verdamping van grondwater of van het in muren aanwezige vocht naar de kruipruimte toe, is afhankelijk van vier basisvoorwaarden:

- *er dient een bron te zijn,*
- *de lucht moet niet verzadigd zijn,*
- *Bij hogere temperatuur van de lucht neemt de verdamping toe,*
- *Bij grotere luchtcirculatie neemt de verdamping eveneens toe.*

De laatste twee factoren zijn te beheersen met isolatie en evenwichtige ventilatie. De temperatuur in de kruipruimte is afhankelijk van de buitentemperatuur, van de temperatuur van de erboven gelegen vertrekken en van de min of meer als constant te beschouwen temperatuur van de kruipruimtebodan. Daarnaast kan de temperatuur sterk beïnvloed worden door de aanwezigheid van leidingen voor centrale verwarming, stadsverwarming of warmwatervoorziening.

Deze factoren zijn te beheersen door maatregelen te treffen met betrekking tot ventilatie en met betrekking tot isolatie. De temperatuur in de kruipruimte dient in principe zo laag mogelijk gehouden te worden voor het zoveel mogelijk indammen van de verdamping van grondwater. Een lage luchttemperatuur betekent tevens een lage dampspanning waardoor er minder vocht vanuit de kruipruimte naar de woning getransporteerd zal worden via dampdiffusie.

Hiertoe dienen de leidingen en begane grond vloer geïsoleerd te worden. Voor de leidingen zijn speciale mantelhuizen in de handel. De begane grondvloer dient aan de onderkant geïsoleerd te worden, waarbij er op gelet moet worden dat houten vloeren tussen de isolatie en de vloer geventileerd worden om rotting tegen te gaan. Dit laatste doet uiteraard weer een gedeelte van het effect van de isolatie te niet.

Ten aanzien van de ventilatie kan gesteld worden dat een ventilatievoud van 1 voldoende is. Een groter ventilatievoud zal de verdamping doen toenemen. Als gepoogd wordt met deze extra ventilatie het teveel aan vocht weer af te voeren, blijkt dat het netto resultaat nihil is indien de beschikbare hoeveelheid te verdampen grondwater onveranderd blijft.

III. Maatregelen ter bestrijding van effecten

De effecten van een te hoge luchtvochtigheid in de kruipruimte zijn overmatige groei van schimmels en ander ongedierte, aantasting van leidingen en een transport van muffe met allergenen verontreinigde lucht naar de rest van de woning. De groei van schimmels en overig ongedierte is weliswaar door behandeling van de oppervlaktes te verminderen, het blijkt echter dat deze middelen niet lang standhouden. Bovendien zijn vaak moeilijk alle plaatsen bereikbaar. Leidingen kunnen uiteraard tegen de inwerking van het vocht goed beschermd worden. Hiervoor zijn diverse methoden bekend als schilderen of teren.

Voor de bestrijding van het transport van de met allergenen verontreinigde vochtige lucht naar de rest van de woning dienen alle kieren tussen kruipruimte en de rest van de woning hermetisch afgesloten te worden. Dit is geen eenvoudig karwei en kan dan ook alleen door deskundigen met de allergrootste nauwkeurigheid uitgevoerd worden. Hierbij dient speciaal aandacht geschonken te worden aan de leidingdoorvoeren, het kruipluik en de detaillering van de oplegging van de vloer bij de muren. Volgens de norm in het nieuwe bouwbesluit omtrent de toelaatbare luchtdoorlatendheid van begane grond vloeren geldt dat er slechts een doorstroombare oppervlakte van 7 cm² is toegestaan. Bij een enigszins ruim passend kruipluik wordt deze oppervlakte al overschreden.

Als bestrijding van het vocht- en allergenentransport van de kruipruimte naar de rest van de woning zou ook gebruik gemaakt kunnen worden van afzuiging in de kruipruimte. Doordat ten gevolge van de afzuiging geen luchttransport meer plaatsvindt van de kruipruimte naar de woning zal ook geen hinder meer ondervonden worden van de in de kruipruimte aanwezige schimmels en dergelijke.

4.2.4. overmaat aan woonvocht.

BRON :	ADEMHALING, KOKEN, WASSEN, DROGEN, DOUCHEN, PLANTEN.
TRANSPORT :	DAMPDIFFUSIE, VENTILATIE, CONDENSATIE.
EFFECTEN :	BESLAGEN RAMEN, SCHIMMELVORMING, INWENDIGE CONDENSATIE.

I. Maatregelen aan de bron.

De bestrijding van een overmaat aan woonvocht kan in principe het beste aan de bron bestreden worden. Dit kan enerzijds gebeuren door de produktie in te dammen of anderzijds door de plaats van de vochtproduktie te verplaatsen. De grootste vochtproduktie komt tot stand bij activiteiten als wassen en drogen. Door zoveel mogelijk de kleding buitenshuis of in een extra geventileerde kamer te drogen kan de vochtbelasting van de woning aanzienlijk verminderd worden.

II. Maatregelen ter transportbestrijding.

Het door bewoning geproduceerde vocht heeft vier mogelijke afvoerwegen. De afvoer kan geschieden via natuurlijke ventilatie, via mechanische ventilatie, door condensatie op koude oppervlakken (gedeeltelijk betreft het hier tijdelijke berging) en door dampdiffusie.

Ten aanzien van de natuurlijke ventilatie kan een probleem ontstaan zijn ten gevolge van het overdadig afdichten van kieren ten behoeve van warmte-isolatie. De natuurlijke ventilatie dient dan te worden vervangen door (extra) mechanische ventilatie of door het openen van ramen tijdens perioden van grote vochtproduktie. Hierbij is van belang dat de plaatsing en vormgeving van de aanzuigopeningen zijn afgestemd op de plaats en natuurlijke beweging van de vochtproduktie. Een nadeel van extra ventilatie is dat er met name in de winterperiode veel warmte verloren gaat. Dit kan voorkomen worden door de warmte van de afgezogen lucht terug te winnen met behulp van een airconditioning.

Ook zijn er zogenaamde ontvochtigers in de handel die in een kamer geplaatst kunnen worden waar de problemen met vocht ervaren worden. Deze ontvochtigers kunnen hetzij passief werken, hetzij actief door zelf de lucht aan te zuigen. Deze apparaten proberen een constante luchtvochtigheid te bereiken door vocht in het apparaat te laten condenseren of verdampen afhankelijk van de gemeten relatieve vochtigheid.

III. Maatregelen ter bestrijding van effecten.

De effecten van een overmaat aan vocht in de woning als gevolg van bewoning bestaan uit beslagen ramen, en op de lange duur ook uit schimmelvorming, stank en aantasting van de constructie, van de muurbekleding, plafonds, meubels en andere huisraad. Deze effecten zijn in zoverre te bestrijden dat voor korte duur de overlast zal verdwijnen, dit kan echter nooit tot een definitieve oplossing leiden.

Door toepassing van dubbele beglazing en door het opheffen van koude plekken als gevolg van koudebruggen zal minder snel condensatie optreden. Bovendien is dit een energiezuinige maatregel. Wel dient bedacht te worden dat in vochtkritische woningen door verhoging van de oppervlaktetemperatuur van de binnenzijde van de ramen, het vocht op andere koude oppervlakken zal condenseren. Door het handhaven van een hogere luchttemperatuur kan een grotere hoeveelheid waterdamp in de lucht geborgen worden, zodat minder snel condensatie zal optreden.

4.2.5. condensatie en koudebruggen.

BRON :	HOGE LUCHT- OF MATERIAALVOCHTIGHEID, GROOT TEMPERATUURVERSCHIL.
TRANSPORT :	OVERGANG VAN WATERDAMP NAAR WATER DOOR VERZADIGING.
EFFECTEN :	VOCHTPLEKKEN, SCHIMMELVORMING, AANTASTING VAN MATERIELEN DOOR ZWELLING, VORST OF ROTTING.

I. Maatregelen aan de bron.

Condensatie is altijd het gevolg van twee factoren; enerzijds is er een overgang van een hogere naar een lagere temperatuur bij of in het betreffende materiaal, anderzijds is er een hoge vochtigheid van de lucht in of bij het betreffende materiaal. Dit betekent dat (inwendige) condensatie aan de bron is te bestrijden hetzij door verlaging van de relatieve luchtvochtigheid, hetzij door opheffing van het temperatuurverschil. De hoge luchtvochtigheid kan een gevolg zijn van een of meerdere problemen zoals in het voorgaande is besproken. Vocht als gevolg van lekkages, optrekkend of doorslaand vocht kan zich gedurende lange tijd in constructies als muren ophopen. Uiteraard dienen in eerste instantie de genoemde problemen verholpen te worden, zodat de vochtigheid in de omgeving van de probleemplekken weer op een aanvaardbaar niveau komt.

Voorts kan condensatie optreden bij plafonds, daken, schoorstenen en dergelijke. Het is ondoenlijk om in het kader van deze rapportage op alle mogelijke details en oplossingen in te gaan. Steeds echter betreft het de confrontatie van een hoge met een lage temperatuur in een vochtige omgeving. Door hetzij de hoge vochtigheid, hetzij het temperatuurverschil te verkleinen met thermische isolatie kunnen de problemen van condensatie worden bestreden. In het algemeen echter zal een goede bouwkundige constructie hier weinig problemen mee hebben.

II. Maatregelen ter bestrijding van het transport.

Het temperatuurverschil tussen de binnenlucht en constructies die in contact staan met de buitenlucht is te verminderen door isolatie. Als eerste valt dan te denken aan het aanbrengen van een pleisterlaag. Een dergelijke ademende isolerende laag aan de binnenkant van buitenmuren zal de afkoeling van deze muren zoveel tegengaan dat condensatie wordt voorkomen. Deze pleisterlaag dient ademend te blijven om de natuurlijke vochtregulerende werking van muren te behouden. Thermisch isolerende bepleisteringen worden aangemaakt met zowel gips als met cement. Het hoofdbestanddeel is een zandvervangend korrelmateriaal vermengd met een bindmiddel. Omdat de oppervlakte van de pleisterlaag de omgevingstemperatuur aanneemt zal oppervlaktecondensatie voorkomen worden.

Een andere wijze van isoleren van spouwmuur bestaat uit het vullen van de spouw met een isolatie materiaal. Sinds de energiecrisis van de jaren zeventig zijn voor dit doel vele producten op de markt gekomen. Vele van deze producten hebben echter het nadeel dat ze of vocht transporteren en zo dus het binnenspouwblad vochtig houden, of de muur dampdicht afsluiten. In beide gevallen wordt het woon- en leefklimaat in de woning aangetast.

Voor de isolatie van de spouw in spouwmuren kan goed gebruik gemaakt worden van korrels die géén vocht transporteren, die een goede thermische isolatie geven en die de ademende werking van de constructie niet aantasten. Dergelijke eigenschappen zijn bijvoorbeeld verenigd in gesiliconeerde, geëxpandeerde vulkanische korrels.

Door de aan de buitenzijde van de korrels aangebrachte siliconen zijn de korrels sterk waterafstotend (hydrofoob) geworden. Bij het aanbrengen van dergelijke korrels dient er op toegezien te worden dat de open stootvoegen onderin de spouw gehandhaafd blijven in verband met de noodzakelijke ventilatie en de afvoer van vocht. De open voegen kunnen eenvoudig worden opengehouden met behulp van een gaas.

III. Maatregelen ter bestrijding van effecten.

De effecten van condensatie zijn goed te bestrijden door het aanbrengen van een ademende isolerende pleisterlaag. De eigenschappen van een dergelijke pleisterlaag zijn:

- hoge thermische isolatie;
- laag eigengewicht;
- anorganisch;
- onbrandbaar;
- steriel;
- niet oplosbaar in water;
- niet aan bederf onderhevig;
- ongevoelig voor temperatuurswisselingen;
- chemisch neutraal;
- niet electrisch geleidend.

Tengevolge van deze eigenschappen zijn dergelijke bepleisteringen onaantastbaar door schimmels, zwammen of ongedierte. (N. Lardenoye, 1974).

In feite worden door dergelijke pleisterlagen zowel het transport als de effecten bestreden. Immers de vochtplekken worden aan het oog onttrokken en het temperatuurverschil aan de oppervlakte wordt sterk gereduceerd waardoor nieuwe condensatie wordt voorkomen.

4.3. BASISPRINCIPES BEHEERSING WATER-HUISHOUDING.

In deze paragraaf wordt achtereenvolgens aangegeven welke basisprincipes ten dienste staan ter beheersing van de oorzaken voor problemen met de waterhuishouding rondom de woning. Per oorzaak komen maatregelen ter beheersing van respectievelijk de aanvoer (bronnen), de afvoer (transport) en de effecten aan de orde. Hierbij wordt in het kort aangegeven wat de effecten van de maatregelen zijn, wat voor eisen er aan de uitvoering gesteld worden en op welke wijze de oplossing beheerd en onderhouden dient te worden. Als eerste zal de waterhuishouding aan de oppervlakte van de woonomgeving behandeld worden. Hierna komen de maatregelen ter beheersing van de processen in de onverzadigde zone aan de orde. Tenslotte worden de mogelijke maatregelen in de verzadigde zone van de bodem besproken.

4.3.1. de oppervlakte.

AANVOER	:	NEERSLAG EN AFSTROMING VAN HOGERE DELEN.
AFVOER	:	OPPERVLAKKIGE AFSTROMING, RIOOLINLOOP, INFILTRATIE.
BERGING	:	INTERCEPTIE OP DAKEN, BOMEN ET CETERA, PLASSEN, BERGINGSVOORZIENINGEN.

Regenwater aan de oppervlakte van de woonomgeving kan problemen geven indien er als gevolg van onvoldoende of onjuiste ontwatering langdurig plassen blijven staan op straat, trottoirs, parkeerterreinen, tuinen, plantsoenen of overige (on)verharde terreinen. Hierdoor zijn deze terreinen langere tijd slecht begaanbaar.

1. Maatregelen aan de bron.

De bruto hoeveelheid neerslag is vooralsnog een onveranderbaar gegeven. De hoeveelheid neerslag die hiervan de oppervlakte bereikt is wel te beïnvloeden. Door de interceptie toe te laten nemen zal minder neerslag de oppervlakte bereiken. Dit is te realiseren door meer begroeiing aan te planten met een groot bladoppervlak, ook gedurende de wintermaanden. Het effect van een dergelijke maatregel zal echter gering zijn.

Als tijdens hevige neerslag de riolering overbelast raakt en de infiltratiecapaciteit onvoldoende blijkt, kan een gedeelte van de aanvoer van regenwater met speciale maatregelen tijdelijk geborgen worden.

Dit kan op daken, in regentonnen of in andere voorzieningen. Het doel van deze tijdelijke berging is dat de neerslag meer geleidelijk naar de riolering of naar het oppervlak wordt afgevoerd. Hiermee wordt voorkomen dat overlast optreedt ten gevolge van neerslagpieken.

Extra berging van neerslag op platte daken is te realiseren door het plaatsen van een verhoogde ring op de aansluiting van het dak en van de hemelwaterafvoerleiding. Als gevolg van deze ring blijft meer water op de daken staan terwijl de afvoer naar de riolering ook wordt vertraagd. Berging van regenwater kan ook gebeuren in regentonnen van waaruit het water vertraagd naar het riool kan weglekken. Door bovenstaande maatregelen zal de capaciteit van de riolering meer gelijkmatig worden aangesproken, zodat deze minder snel overbelast zal geraken.

Ook kan het regenwater dat van daken en dergelijke afstroomt tijdelijk geborgen worden in speciaal voor dit doel aangelegde infiltratievoorzieningen. Het regenwater wordt dan niet meer via de riolering uit het gebied afgevoerd maar geleidelijk in de ondergrond geïnfiltreerd. Hierbij dient er uiteraard wel voor gezorgd te worden dat deze extra infiltratie geen problemen kan gaan opleveren voor de onverzadigde zone van de bodem of voor de grondwaterstand. Tevens moet er op gelet worden dat met de infiltratie van het afgestroomde regenwater geen verontreinigingen in de bodem gebracht worden.

II. Transportmaatregelen.

Transport van regenwater naar, over of van de oppervlakte gebeurt op drie manieren:

- horizontale, oppervlakkige afstroming;
- inloop in riool- of bergingsvoorziening;
- infiltratie in de ondergrond.

Als het oppervlak een helling (afschot) heeft zal regenwater afstromen naar de lage zijde. Door een onjuist afschot kunnen problemen ontstaan zoals inlopend regenwater in de kruipruimte of in sousterrains. Het oppervlak van verharde terreinen dient zo te zijn vormgegeven dat het water naar de riolering kan afstromen. Door meer afschot of een beter profiel zal het water sneller naar de riolering wegstromen.

Een andere methode om water sneller van het oppervlak te laten verdwijnen is het bevorderen van de infiltratiemogelijkheden voor het regenwater in de ondergrond. Dit kan gebeuren door de sóort verharding van de verharde oppervlakken te wijzigen. Het infiltratievermogen van verscheidene soorten verhardingen staat in nevenstaande tabel weergegeven :

TYPE VERHARDING	INFILTRATIECAPACITEIT (MM PER UUR)
asfalt	0
betonklinkers	10 à 40
klinkers	10
tegels	5 à 20

Bovenstaande waarden zijn globale gemiddelden, er is een groot verschil als gevolg van de legwijze en de ouderdom van de verharding. Het mag duidelijk zijn dat een dergelijke infiltratiecapaciteit van grote invloed is op de afvoer als ze vergeleken wordt met bijvoorbeeld de riool afvoercapaciteit die zo'n 20 millimeter per uur bedraagt.

Onverharde terreinen kunnen door grondverbetering een hogere infiltratiecapaciteit krijgen. Als de bovenste laag van de bodem door veelvuldig belopen, berijden of door slagregens sterk is verdicht, kan door mechanische bewerking de infiltratiecapaciteit weer hersteld worden.

Zo is van sommige kleigronden bekend dat deze na een relatief lange droge periode ineens "dicht" kunnen slaan tijdens een stortbui. Een dergelijk verschijnsel kan de oorzaak zijn van instromend regenwater in de kruipruimte onder de gevelvorstrand door.

III. Maatregelen ter bestrijding van effecten.

Een van de effecten van de plassen op verharde en onverharde terreinen is de slechte begaanbaarheid. Voor onverharde terreinen kan een oplossing ter bestrijding van dit effect gevonden worden in het opstrooien van houtspaanders of dergelijke teneinde het terrein weer beter begaanbaar te maken.

4.3.2. de onverzadigde zone.

AANVOER	:	INFILTRATIE, CAPILLAIRE NALEVERING.
AFVOER	:	HORIZONTALE AFSTROMING, PERCOLATIE, EVAPOTRANSPIRATIE.
BERGING	:	VERHOOGING BODEMVOCHTGEHALTE.

Problemen in de onverzadigde zone betreffen vaak situaties waarbij meer regenwater infiltreert dan dat er percoleert naar de verzadigde zone. Dit kan het gevolg zijn van slecht doorlatende laagjes die zich horizontaal in de onverzadigde zone bevinden en die het geïnfiltreerde regenwater beletten om verticaal door te stromen. Stagnatiewater dat de draagkracht van de bodem vermindert is het gevolg hiervan, evenals inlopend water in kelders of kruipruimtes.

I. Maatregelen aan de bron.

De bronnen voor een overmaat aan stagnatiewater in de onverzadigde zone zijn infiltratie vanaf de oppervlakte en capillaire nalevering vanuit de verzadigde zone. Ter vermindering van de infiltratie kan het oppervlak minder doorlatend worden gemaakt.

II. Transportmaatregelen.

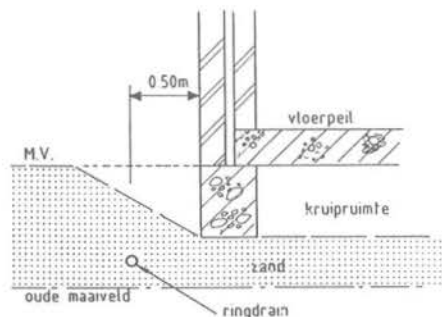
Het infiltrerende regenwater dat via de onverzadigde zone naar de verzadigde zone moet doorzakken kan daarin belemmerd worden door klei of leemlaagjes die de verticale doorlatendheid van de onverzadigde zone sterk negatief beïnvloeden. Boven deze klei of leemlaagjes vormen zich lokaal verzadigde zones met bijbehorende schijnspiegels. De schijnspiegel is dus een grondwaterspiegel boven de slechtdoorlatende laag, terwijl de echte grondwaterspiegel zich onder de slechtdoorlatende laag bevindt.

Dit stagnatiewater kan over de klei- of leemlaagjes horizontaal afstromen en zo in de kruipruimte, sousterrain of kelder uitmonden. Dit probleem treedt met name op in die gebieden die zijn bouwrijpgemaakt volgens de cunettenmethode waarbij alleen ter plaatse van wegen, trottoirs en bebouwing de be-

staande grond is afgegraven en door goed doorlatend zand is vervangen. De bestrijding van deze problemen kan geschieden door doorboring van de slecht doorlatende laagjes waarna de boorgaten gevuld worden met grofkorrelig zand. Deze gaten dienen minimaal zo diep te zijn dat ze uitmonden onder de slecht doorlatende laag onder de kruipruimtebodembodem. Met behulp van een dergelijke verticale drainage zal het water beter percoleren naar de verzadigde zone.

III. Maatregelen ter bestrijding van effecten.

Het effect van het horizontaal in de kruipruimte instromend stagnatiewater is te bestrijden door het aanbrengen van een geveldrainage. Geveldrainage bestaat uit een drainagebuis die vlak langs de gevel op ongeveer een meter diepte onder het maaiveld wordt aangebracht. Deze drain voert vervolgens het water af op het oppervlaktewater, op het riool of op een speciaal voor dit doel aangelegd afvoerstelsel.



figuur 4.4. geveldrainage

4.3.3. de verzadigde zone, te hoge grondwaterstand.

AANVOER	:	PERCOLATIE, KWEL, ZIJDELINGSE TOESTROMING, WATERLEIDING.
AFVOER	:	CAPILLAIRE OPSTIJGING, INZIJGING, ONTWATERING VIA DRAINAGESYSTEEM.
BERGING	:	VERHOOGING VAN DE GRONDWATERSTAND, INSTROMING IN DE KRUIPRUIMTE OF KELDER, TOENAME VAN OPTREKKEND VOCHT, DOORSLAAND VOCHT EN VERDAMPING.

I. Maatregelen aan de bron.

De bronnen voor een verhoging van de grondwaterstand bestaan uit het percolerende water vanuit de onverzadigde zone (indirect vanaf de oppervlakte) en uit kwel.

De hoeveelheid percolatie is te verminderen, zoals in de vorige subparagrafen is toegelicht, door vermindering van de hoeveelheid infiltratie vanaf de oppervlakte.

De hoeveelheid kwel vanuit diepere pakketten is enerzijds afhankelijk van het stijghoogteverschil tussen het freatische grondwater en het afgesloten grondwater en anderzijds van de weerstand van de scheidende bodemlaag. De eerste factor is te beïnvloeden door verlaging van de stijghoogte van het diepe grondwater door bemaling of door het bieden van alternatieve uitstroomopeningen ("uitlaatklep"). Beide methoden betekenen wel dat er continu moet worden gepompt. Anders moet de uitlaatklep daar worden gerealiseerd waar deze geen schade kan berokkenen door plaatselijk hoge grondwaterstanden. De weerstand van de scheidende laag is te verhogen door eventuele lekken die in de van nature slecht doorlatende laag zijn ontstaan, weer te dichten. Zo kunnen na het trekken van een damwand, die door een slecht doorlatende laag was geslagen, in deze laag "gaten" overblijven. Hierdoor kan de kwel met een veel grotere intensiteit dan voorheen een bron voor verhoging van de freatische grondwaterstand zijn geworden. Door deze gaten weer te dichten met het injecteren van beton kan deze bron bestreden worden.

II. Transportmaatregelen.

De afvoer van grondwater uit de freatische verzadigde zone vindt plaats op vier manieren:

- capillaire opstijging;
- inzijging;
- drainage;
- zijdelingse afstroming.

De laatste wijze van afvoer heeft uiteraard alleen effect indien er niet een even grote zijdelingse toestroom van naburige gebieden is.

De capillaire opstijging is te beïnvloeden door de waterbehoefte van de beplanting aan de oppervlakte te vergroten. Bij een toename van de evaporatie zal bij ondiepe grondwaterstanden de opwaartse stroom ten gevolge van capillaire nalevering vanuit de verzadigde zone evenredig toenemen.

De hoeveelheid inzijging is net als de kwel afhankelijk van het stijghoogteverschil tussen het freatische en diepe grondwater en de weerstand van de scheidende laag daartussen. Uiteraard dient voor inzijging het freatische grondwater de grootste stijghoogte te hebben. Het stijghoogteverschil is te vergroten door afmaling van de diepe grondwatervoerende pakketten. Dit betekent echter wederom continue bemaling. Inplaats van continue bemaling is het eenvoudiger om de weerstand van de scheidende laag te verkleinen. Dit is te realiseren door het doorboren van de slecht doorlatende laag waarna de gaten opgevuld worden met goed doorlatend materiaal.

Dergelijke verticale drainage kan ook aangebracht worden door het in de grond drukken van strippen uit een vezelig materiaal waardoor het freatische grondwater naar het diepe pakket kan doorsijpelen.

Hier moet wel gewaarschuwd worden voor mogelijke verspreiding van verontreinigingen van het freatische pakket naar de diepere, watervoerende grondpakketten.

Een belangrijke groep van maatregelen ter beheersing van de freatische grondwaterstand vormt de horizontale buisdrainage. Deze techniek die vroeger alleen in de landbouw werd toegepast, heeft inmiddels vele ontwikkelingen doorgemaakt. Het principe van drainage is dat het grondwater een alternatieve route ter afstroming wordt geboden die minder weerstand biedt dan de routes die het grondwater reeds ter beschikking staan. Water kiest immers altijd de weg van de minste weerstand en stroomt van een plaats met hoge stijghoogte naar een plaats met lagere stijghoogte. Doordat het water in de drainagebuizen aan een of beide uiteinden vrij kan uitstromen, bieden de buizen een afstromingsmogelijkheid met minder weerstand. De drainage bestaat tegenwoordig uit PVC-ribbelbuizen waarin kleine openingen in de wand zijn gemaakt om het water binnen te laten stromen. Ter voorkoming van dichtsliben van de buis met zand of kleideeltjes wordt de buis voorzien van een omhulmingsmateriaal. De drainage dient beneden de grondwaterspiegel aangelegd te worden en een vrije uitstroming te hebben. Indien niet in de onmiddellijke omgeving een vrije uitstroming gerealiseerd kan worden door op open water of riool te lozen, kan de drainage ook via uitmonding in een maalput afgemalen worden. Door toepassing van een verstelbaar opzetstuk kan het nivo van ontwatering geregeld worden en aan veranderende omstandigheden worden aangepast.

De aanleg van een drainagesysteem moet nauwkeurig. Zo mogen er geen verticale bochten in voorkomen die tot gevolg hebben dat de hoogteligging meer dan een buisdiameter afwijkt van de geplande hoogteligging. Daarnaast moeten er ruim voldoende mogelijkheden voor onderhoud van de buizen worden opgenomen in het systeem. Deze bestaan uit zogenaamde doorsteekpunten van waaruit ingespoelde sedimenten verwijderd kunnen worden door de drainbuis door te spuiten.

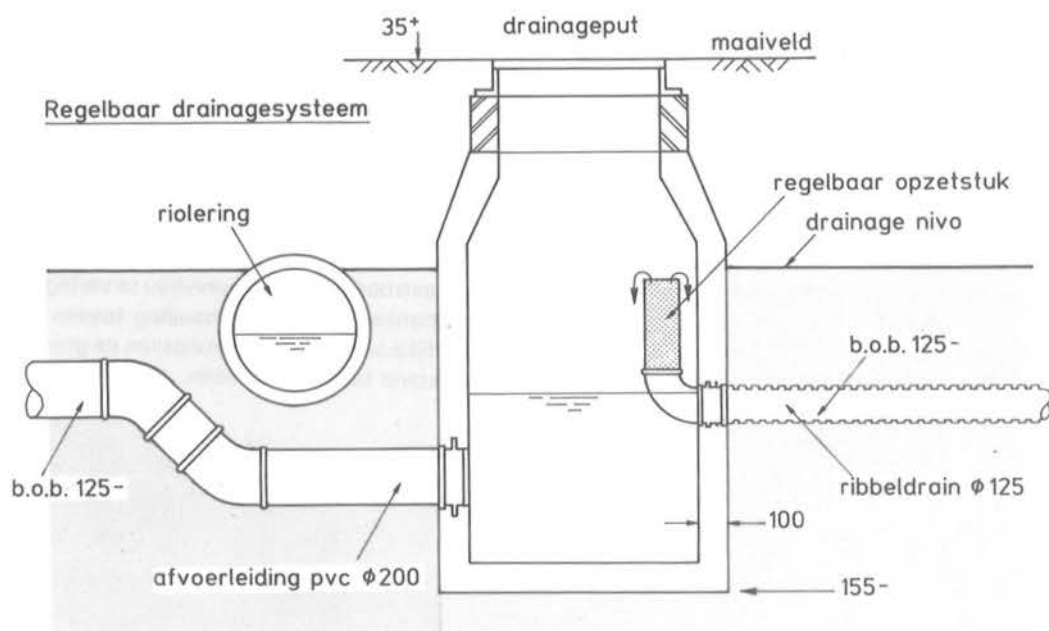
III. Maatregelen ter bestrijding van effecten.

De effecten van een te hoge grondwaterstand kunnen bestaan uit slechte groei van planten, verminderde worteldiepte van nieuwe bomen uit aantasting van de bestaande wortels van oude bomen en uit eventueel vollopen van kelders, sousterrains en kruipruimtes. Daarnaast is de grondwaterstand van invloed op de intensiteit van processen als doorslaand vocht van kelder- en funderingsmuren en verdamping van grondwater in de kruipruimte. Een te hoge grondwaterstand maakt terreinen slechter begaanbaar, vermindert de draagkracht en kan onder wegen in de winterperiode zorgen voor beschadiging van het wegdek door opvriezing.

De effecten op bomen worden wel bestreden door per boom een zogenaamde wortelbeluchting en -drainage aan te leggen rond de wortels.

De effecten op de vochtuishouding in de woning zijn te bestrijden door die onderdelen die het vocht transporteren bestendig tegen vochttransport te maken. Dit laatste geldt met name voor kelders en doorslaande muren.

Terreinen of wegen met een te hoge grondwaterstand kunnen opgehoogd worden zodat de ontwateringsdiepte weer op een acceptabel nivo komt.



figuur 4.5. regelbaar drainagesysteem

4.3.4. de verzadigde zone, te lage grondwaterstand.

AANVOER	:	PERCOLATIE, KWEL, ZIJDELINGSE TOESTROMING.
AFVOER	:	CAPILLAIRE OPSTIJGING, INZIJGING, ONTWATERING VIA DRAINAGESYSTEEM OF LEKKE RIOLERING.
BERGING	:	VERLAGING VAN DE GRONDWATERSTAND, INSTROMING IN RIOLERING.

I. Maatregelen aan de bron.

Verlaging van de grondwaterstand als gevolg van wijzigingen in de geohydrologische situatie van de woonomgeving is aan de bron te bestrijden door de aanvulling van het freatische grondwater te vergroten.

De aanvoer bestaat uit percolatie van regenwater vanaf de oppervlakte via de onverzadigde zone en uit kwel vanuit een dieper gelegen, gedeeltelijk afgesloten grondpakket via de slecht doorlatende laag. De toename van de eerste toevoer is te verwezenlijken door toepassing van een meer doorlatende soort verharding.

Indien de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoog genoeg is, kan de kwel toenemen door plaatselijk in de slechtdoorlatende laag gaten te boren. Deze worden daarna met een goeddoorlatend materiaal opgevuld, bijvoorbeeld met grof zand of grind. Bij dit soort maatregelen is het moeilijk in te schatten in welke mate de kwel zal toenemen. Bovendien zijn na uitvoering van de maatregelen aanpassingen moeilijk.

II. Maatregelen in de afvoer.

Indien men de verlaging van de grondwaterstand wil corrigeren door vermindering van de afvoer, komen hiervoor drie maatregelen in aanmerking. Op de eerste plaats kan de capillaire opstijging worden verminderd door de evapotranspiratie te verminderen. Dit is te bereiken door verwijdering van de begroeiing en door het opbrengen van grind op onverharde terreinen. Beide maatregelen zullen de verdamping van bodemvocht verminderen.

Op de tweede plaats kan eventueel optredende inzijging worden gereduceerd door vermindering van het stijghoogteverschil tussen het gedeeltelijk afgesloten en het freatische grondwater. Dit is te verwezenlijken door het stoppen van onttrekkingen in de regio. Anderzijds kan in gebieden met te lage grondwaterstanden ook een verhoging nagestreefd worden door het oppervlaktewaterpeil, indien mogelijk, te verhogen.

De afvoer van freatisch grondwater via drainage is te beheersen indien er voor een regelbaar drainagesysteem wordt gekozen. Door in perioden van lage grondwaterstanden (zomer) het drainageniveau te verhogen en in het winterseizoen het drainageniveau te verlagen kan afhankelijk van de verhouding tussen de natuurlijke aan- en afvoerprocessen de grondwaterstand beheerst worden.

Een veel voorkomende bron van grondwaterstandsverlaging in stedelijke gebieden vormen oude, en daardoor lekkende, riolen. De riolen liggen op veel plaatsen onder de grondwaterstand. De oude rioolbuisverbindingen zijn star en door de loop der jaren als gevolg van verzakkingen lek geraakt. Hierdoor kunnen deze als een drainage gaan werken en zo de grondwaterstand behoorlijk verlagen.

Dit heeft niet alleen gevolgen voor houten funderingspalen die droog kunnen komen te staan maar ook voor de rioolwaterzuiveringsinrichtingen die deze extra aanvoer van relatief schoon grondwater moeten verwerken.

De oplossing ligt hier voor de hand: het riool moet waterdicht gemaakt worden. Dit kan tegenwoordig met verschillende renovatietechnieken gebeuren, bijvoorbeeld door van binnen uit een kous door de riolering te leiden welke na verwarming verhardt en zo de lekken afdicht. De meest gebruikte methode is en blijft echter vervanging van het oude riool.

III. Maatregelen ter bestrijding van effecten.

De effecten van de verlaging van de grondwaterstand hangen sterk af van de plaatselijke omstandigheden wat betreft zettingsgevoeligheid, capillair vermogen en aanlegdiepte van eventuele houten funderingspalen.

Wat betreft de zettingsgevoeligheid van de ondergrond van de woning geldt dat hier moeilijk algemene uitspraken over gedaan kunnen worden. In gebieden waar veen in de ondergrond zit is deze veenlaag zelden van een homogene dikte en wordt ze meestal doorsneden door allerlei klei- en/of zandlaagjes. Dit betekent dat de eventuele zakkingen als gevolg van de grondwaterstandsverlaging niet gelijkmatig hoeven op te treden waardoor er scheuren in muren kunnen ontstaan of ramen en deuren gaan klemmen.

De wortels van bomen kunnen in het algemeen nog water vanaf grote diepte opzuigen. Voor de bloemen en heesters geldt dat een langdurige grondwaterstandsverlaging in het groei- en bloeiseizoen vaak funest is. De mate waarin de grondwaterstand verlaagd kan worden zonder dat de planten verwelken is afhankelijk van de grondsoort. In dit verband is belangrijk hoeveel vocht vanuit de verzadigde zone naar de wortelzone getransporteerd wordt bij de maximale zuigkracht van de wortels. Dit proces heet capillaire nalevering. In zand kan het bodemvocht over zo'n 30 cm, in klei of zavel wel over 1 tot 1,5 m capillair na-geleverd worden.

Ten aanzien van de aanlegdiepte van houten funderingspalen is er een onderscheid te maken tussen de hele oude funderingen waarbij het metselwerk direct op de houten funderingsconstructie rust en de funderingen van recentere gebouwen waarbij op de houten palen betonnen opzetters zijn gebruikt. Indien de grondwaterstand blijvend onder de bovenkant van de paalkoppen komt, kunnen de bovenzijdes van de houten palen vervangen worden door betonnen opzetters. Dit is echter geen eenvoudige en daardoor een dure ingreep.

4.4. OVERWEGINGEN TEN AANZIEN VAN DE KEUZECRITERIA.

In deze paragraaf worden enige aspecten aangegeven waarop mogelijke oplossingen beoordeeld dienen te worden. Dit betreft zaken als kosten en baten, de verwachte ontwikkelingen, de mogelijkheden voor de uitvoering en de mate van flexibiliteit van de oplossing. Deze aspecten bepalen in welke mate de oplossingen zullen voldoen aan de eisen die de betrokkenen hieraan stellen.

4.4.1. kosten-baten analyse.

Bij de afweging tussen verschillende mogelijke oplossingen voor een bepaald probleem is een ieder uiteraard geïnteresseerd in de kosten die gepaard gaan met de aanleg, het beheer en het onderhoud van deze oplossing. Vaak echter wordt vergeten om ook naar de batenkant van het financiële plaatje te kijken. Baten kunnen in rekening gebracht worden indien de oplossing een vermindering leidt van het noodzakelijke onderhoud aan de woning of constructies in de woonomgeving. Ditzelfde geldt voor een oplossing die de woning meer energiezuinig maakt, zoals het geval is bij de bestrijding van doorslaand of optrekkend vocht. Ook een betere beheersing van de grondwaterstand betekent vaak dat er baten verwacht kunnen worden uit de langere levensduur van constructies in de grond.

Voor een correct prijsplaatje van een bepaalde oplossing dient er een overzicht opgesteld te worden van alle directe en indirecte kosten en van alle baten zowel op korte als lange termijn. De directe kosten op korte termijn worden gevormd door eventueel aanvullend onderzoek, door de investering voor de materialen en door arbeid om de oplossing te realiseren. De kosten op lange termijn worden gevormd door het beheer en onderhoud van de oplossing. De baten zijn meestal voor de lange termijn en bestaan uit minder kosten voor onderhoud, uit energiebesparing en uit een eventuele meeropbrengst uit huur of bij verkoop van de woning. Afhankelijk van de geplande levensduur van de woning of de oplossing dienen de kosten en de baten gekapitaliseerd te worden naar de huidige contante waarde.

4.4.2. ontwikkelingen.

De meeste oplossingen ter beheersing van de vocht- en/of waterhuishouding worden met een bepaalde verwachte levensduur ontworpen. Dienaangaande dient men zich van tevoren rekenschap te geven van de te verwachten ontwikkelingen met betrekking tot het gebruik van de woning en de woonomgeving in die periode. Zo kunnen er al afspraken bestaan voor een bepaalde wijziging in de open water peilen en in de hoogte van het maaiveld in de omgeving. Ook renovatie van de riolering of andere zaken die de waterhuishouding in de toekomst kunnen beïnvloeden zijn van belang. Als het enigszins kan moet er bij de keuze van een oplossing voor de huidige situatie geprobeerd worden om in te spelen op de toekomstige situatie.

Indien er voor de directe woonomgeving mogelijke veranderingen in de waterhuishouding of het in grondgebruik op stapel staan kunnen oplossingen voor huidige problemen wellicht geïncorporeerd worden in de toekomstige waterhuishouding. Dit betekent dat er een breed overleg moet plaatsvinden tussen vertegenwoordigers van de groep bewoners die nu de problemen ondervindt, met gemeente, provincie en waterschap om te voorkomen dat de maatregelen die op korte termijn worden uitgevoerd niet voor niets blijken zodra de plannen worden gerealiseerd. In dit kader moet ook bekeken worden wat de geschatte levensduur van de probleemwoning is en wanneer er een groot onderhoud gepland staat. Investeringskosten dan onrendabel blijken omdat de baten ervan maar over een korte periode genoten kunnen worden.

4.4.3. uitvoering.

Een belangrijk criterium waarop mogelijke oplossingen beoordeeld moeten worden is de wijze waarop de oplossing aangebracht of gerealiseerd gaat worden. Hierbij dient men zich af te vragen in hoeverre er ervaringen zijn opgedaan met het type oplossing en uitvoering. Werkzaamheden die in het zicht kunnen worden uitgevoerd, dat wil zeggen waarvan het eindresultaat eenvoudig geïnspecteerd kan worden, geven meer garantie voor een nauwkeurige uitvoering dan werkzaamheden waarbij het eindresultaat is weg-gewerkt en men dus maar moet hopen dat een en ander goed is uitgevoerd.

Indien de oplossing een noviteit in de bouw-wereld is, is de kans op zogenaamde kinder-ziektes of fouten in de uitvoering groot. Bovendien dient men te rekenen met extra kosten voor deze risico's.

Als de oplossing na het aanbrengen niet meer in het zicht is, betekent dit mogelijkserwijs ook dat de werking ervan niet eenvoudig is te controleren. Als de oplossing ook al buiten het directe zicht van de betrokkenen is aangebracht, maakt dit de kans op slordigheden en onjuistheden in de uitvoering groter.

De beste oplossingen zijn nog altijd de eenvoudige oplossingen die zowel tijdens als na de uitvoering op een juiste werking zijn te controleren.

Tevens dient het onderhoud op een zodanige wijze uitvoerbaar te zijn dat de betrokkenen hier opzicht kunnen houden. Dit vergroot niet alleen de betrokkenheid van de bewoners maar vermindert ook de kans op fouten in hetzij de aanleg, hetzij het beheer en onderhoud naderhand.

4.4.4. flexibiliteit.

Elke oplossing wordt gegenereerd vanuit een bepaalde Ausgangssituatie. Vaak echter verandert deze situatie, gezinnen kunnen uitbreiden, het maaiveld kan nog verder dalen, grondwateronttrekkingen kunnen worden stopgezet, beplanting kan worden weggehaald of bijgeplaatst, kortom niet alle aspecten van de vocht- en waterhuishouding van de woning en haar omgeving kunnen volledig beheerst of voorspeld worden. Om deze redenen is er veel voor te zeggen om de oplossingen mede te beoordelen op de mate waarin deze aangepast kunnen worden aan veranderende uitgangspunten of randvoorwaarden.

Zo is bij wijze van voorbeeld een drainage systeem voor een bepaalde situatie ten aanzien van grondsoort, belasting en gewenste ontwateringsdiepte ontworpen. Indien in een van deze ontwerpparameters een grote wijziging optreedt kan de investering grotendeels voor niets blijken. De mogelijkheid bestaat echter ook om het systeem met behulp van randvoorzieningen zo te realiseren dat relatief eenvoudig achteraf wijzigingen in de belasting, gewenste ontwateringsdiepte of onderhoudsstrategie gecompenseerd kunnen worden. De investeringen zijn bij de aanleg van het systeem niet veel groter en de mate van flexibiliteit laat wijzigingen van de Ausgangssituatie of fouten in de bepaling daarvan zondermeer toe.

4.4.5. milieu-aspecten.

Een belangrijke groep keuze-criteria worden gevormd door de gevolgen van bepaalde type oplossingen voor het milieu. Met het oog op het nastreven van een duurzaam gebruik van de woonomgeving dienen bepaalde materialen afgeraden te worden. Dit zijn die materialen die bij sloop van de woning moeilijk geschikt zijn te maken voor hergebruik of die door toevoeging aan bestaande materialen deze ongeschikt maken voor hergebruik.

Dit geldt bijvoorbeeld voor het aanbrengen van PUR-schuim in stromingsgaten of het aanbrengen van kunststoffen ter hydrofobering van vochtdoorlaande muren.

Bij het opwekken van grondwaterstromingen door het doorboren van slechtdoorlatende lagen in de bodem voor bijvoorbeeld toename van de infiltratie, dient uiteraard ernstig rekening gehouden worden met mogelijke verspreiding van bodemverontreinigingen. Dit verspreidingsrisico geldt ook bij toepassing van drainage. Indien de drainage op het riool of oppervlaktewater loost, zal terdege onderzocht moeten worden of het betreffende te ontwateren perceel verontreinigingen bevat die met de drainage verspreid kunnen gaan worden.

KEUZECRITERIA

FINANCIEEL	:	ONDERZOEKS-, INVESTERINGS-, ONDERHOUDS-, EN BEHEERSKOSTEN MAAR OOK DE BATEN;
GEbruik	:	VERWACHTE LEVENSDUUR WONINGEN, TOEKOMSTIGE VERANDERINGEN IN SITUATIE;
TECHNISCH	:	ERVARING IN UITVOERINGSMETHODIEK, CONTROLEERBAARHEID;
FLEXIBILITEIT	:	AANPASBAARHEID AAN VERANDERENDE SITUATIE.
MILIEU	:	STREVEN NAAR DUURZAAM GEBRUIK VAN DE WOONOMGEVING.

5.1. BESTAANDE WETTEN EN REGELINGEN.

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de relevante wet- en regelgeving op het gebied van bouwfysica, waterhuishouding en de relaties tussen de betrokken partijen. In deze paragraaf zijn de wetten en regelingen achtereenvolgens ingedeeld naar de bouwtechnische aspecten, waterhuishoudkundige aspecten en financiële aspecten.

5.1.1. ten aanzien van bouwtechnische aspecten

De regelingen ten aanzien van de wijze waarop op woningen gebouwd moeten worden, staan beschreven in de Gemeentelijke Bouwverordening. Deze is in het algemeen nagenoeg gelijk aan de Model-bouwverordening (MBV) die door de Vereniging van Nederlandse Gemeenten is opgesteld. De Bouwverordening regelt de relatie tussen opdrachtgever, aannemer (c.q. bouwheer) en de gemeente die via de afdeling bouw- en woningtoezicht toeziet op de naleving ervan. Momenteel wordt er druk gewerkt aan het Bouwbesluit. Het Bouwbesluit treedt per 01-07-1992 in werking waarna de gemeenten een jaar de tijd krijgen om hun bouwverordening aan te passen. Problemen in bestaande woningen moeten echter beoordeeld worden in het licht van de MBV, zodat daarop eerst zal worden ingegaan.

In de MBV staat een aantal artikelen die moeten voorkomen dat er water in de kruipruimten komt te staan. Echter naleving van de diverse bepalingen sluit water in de kruipruimte geenszins uit. Zo staat er in *artikel 68 lid 2* van de MBV dat de vloeren van tot bewoning bestemde ruimten van gebouwen, minstens 45 centimeter boven de normale grondwaterstand moeten liggen. Deze "normale" grondwaterstand is echter nergens gedefiniëerd.

Indien de vloer niet geheel uit steenachtig materiaal is samengesteld, dient er een bodemafluiting aangebracht te worden in de kruipruimte. Deze bodemafluiting dient van een zodanige samenstelling te zijn, dat grondwater er niet doorheen kan dringen. Ook mag niet méér bodemvocht tot de ruimte boven de bodemafluiting doordringen, dan er door ventilatie weer kan worden afgevoerd.

Een dergelijke bodemafluiting hoeft niet te worden aangebracht, indien de bodem van de kruipruimte bestaat uit een laag zuiver zand van voldoende dikte. Bovendien zal de ondergrond onder deze laag zand goed doorlatend moeten zijn, zodat in en onder de kruipruimte verzameld (grond)water kan wegstromen. De vraag blijft echter wat "zuiver" zand is en wat een voldoende dikke laag is. Criteria worden daarvoor niet gegeven.

Ook wordt gesproken over de laagste grondwaterstand die tijdens de levensduur van het bouwwerk verwacht kan worden. De houten delen van de funderingsconstructie dienen hier 0,40 m onder te blijven. Echter het is niet eenduidig vast te stellen hoe diep de grondwaterstand onder het maaiveld kan zakken gedurende de levensduur van het gebouw.

Ten aanzien van de ventilatie van de kruipruimte staan in *NEN 3253* nadere eisen geformuleerd. Zo dienen kruipruimtes geventileerd te worden met buitenlucht via, in tegenoverliggende muren aangebrachte, openingen die een minimale doorsnede van 400 mm^2 per m^2 kruipruimte-oppervlakte moeten hebben.

In het nieuwe bouwbesluit staat in artikel 22 betreffende wering van vocht van buiten, dat de scheidingsconstructies van woningen waterdicht moeten zijn. De vloer tussen de woning en de kruipruimte mag geen grotere luchtstroom doorlaten dan $0,00002 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$. ($= 72 \text{ ltr}/\text{m}^2 \cdot \text{uur}$). In de praktijk komt dit voor een eengezinswoning neer op een maximale oppervlakte aan openingen in deze vloer van 7 cm^2 .

5.1.2. ten aanzien van waterhuishoudkundige aspecten

De waterhuishouding van het stedelijke gebied wordt beïnvloed door de gemeente, het schap (Waterschap, (Hoog)Heemraadschap, Polderschap, Dijkkring), de provincie, het rijk en de eigenaren van de percelen. Het is daarom te begrijpen dat er heel wat regelingen zijn. Per gemeente zijn er verschillen in de afspraken tussen de overheden onderling en in de wijze waarop de gemeente de bewoners tegemoet komt om eventuele overlast te bestrijden.

De zorg voor de waterhuishouding is afhankelijk van het onderdeel dat wordt beschouwd. Hoewel deze onderdelen niet zuiver zijn afgebakend en soms moeilijk strikt zijn te scheiden, wordt globaal de volgende indeling gehanteerd.

In de eerste plaats is er een scheiding tussen het oppervlaktewater, het grondwater en het afvalwater.

Het oppervlaktewater bestaat uit vijvers, grachten, kanalen en sloten (al het direct zichtbare water). Het grondwater bestaat uit het freatische grondwater en het (gedeeltelijk) afgesloten grondwater. Het afvalwater bestaat uit het huishoudelijke en industriële afvalwater dat via de riolering naar een rioolwaterzuiveringsinrichting wordt afgevoerd.

Naast deze indeling op basis van de verschijningsvormen van het water, kan er ook een indeling gemaakt worden op basis van de processen, die uiteindelijk alle tot doel hebben om overtollig water af te voeren. Deze processen bestaan uit de ontwatering, de afwatering en de afvoer via de riolering.

De ontwatering betreft de afvoer van overtollige neerslag of grondwater van de percelen naar een stelsel van grotere waterlopen. De afwatering betreft het transport van water door het stelsel van oppervlaktewaterlopen vanuit de verschillende gebieden in de stad naar het omringende landelijke water.

Voor de afvoer van het afvalwater uit de stad stroomt het water door een leidingenstelsel van rioleringsbuizen. In de meeste oude steden ligt een gemengd stelsel wat wil zeggen dat zowel afvalwater, als overtollige neerslag door de riolering wordt afgevoerd. In nieuwe gedeeltes van de stad wordt steeds vaker een gescheiden rioolstelsel aangelegd, waarbij het afvalwater en de overtollige neerslag door gescheiden buizen stromen. Het afvalwater wordt naar de zuiveringsinrichting afgevoerd, terwijl het regenriool op het open water loost.

In het algemeen heeft de Gemeente de verantwoordelijkheid voor het beheer van het rioleringsstelsel. De schappen beheren veelal het open water en dragen zorg voor de zuivering van het afvalwater. In een groot aantal uitzonderingsgevallen echter heeft de gemeente het beheer voor het open water en de daarbij behorende kunstwerken (gemalen, duikers, kaden) van het schap overgenomen. Men spreekt in dat geval van ontpoldering.

De ontwatering van de percelen is de verantwoordelijkheid van de grond-eigenaar. Indien noodzakelijk mag de eigenaar van het perceel een ontwaterings-systeem in het eigen perceel aanleggen. De collectieve voorzieningen om het water dat door de perceelsontwatering vrij komt af te voeren, zouden het beste door de gemeente beheerd kunnen worden.

De afwatering is de verantwoordelijkheid van hetzij de gemeente, hetzij het schap. De grens tussen ont- en afwatering is per gemeente verschillend vastgelegd. Deze kan gelijk met de perceelsgrenzen gekozen worden of ter plaatse van de aansluiting van de perceelsontwatering op het hoofdstelsel.

De inzameling en het transport van het afvalwater valt onder de verantwoordelijkheid van de Gemeente. Het zuiveringsschap legt meestal aan de gemeente eisen op aan de maximale hoeveelheid water die per uur ter zuivering kan worden aangeboden. Als de aanvoer groter is zal deze geborgen worden in het rioleringsstelsel. Indien de berging gevuld is, stort het afvalwater over op het oppervlaktewater. Deze overstortingen betekenen een vervuiling van het oppervlaktewater. Daarom dient de gemeente het rioleringsstelsel dusdanig te ontwerpen dat deze overstorten maar een beperkt aantal malen per jaar optreden. Deze eis wordt uitgedrukt in de overstortfrequentie.

Een belangrijke kwestie tussen gemeente en waterschap betreft de vraag of het water dat via de perceelsontwatering afgevoerd moet worden wel of niet op het riool geloosd mag worden. Zo ja betekent dit voor de zuivering extra energieverbruik en een vermindering van het zuiveringsrendement, zo nee betekent dit een aanzienlijke kostenpost voor de gemeente omdat dan een uitgebreid netwerk van afvoerleidingen aangelegd zal moeten worden.

Het beheer van het oppervlaktewater en van de riolering is in het algemeen goed geregeld. Het beheer van het grondwater in stedelijke gebieden is daarentegen nauwelijks geregeld. Voor grondwateronttrekkingen of -infiltraties moet men eerst een vergunning van de provincie krijgen, zoals vastgelegd in de Grondwaterwet. Er zijn dus alleen wettelijke instrumenten voor het toelaten van infiltraties of onttrekkingen van grondwater. Dit is echter onvoldoende om bepaalde grondwaterstanden in het stedelijke gebied te kunnen waarborgen. Daar komt nog bij dat wel een vergunning noodzakelijk is om een onttrekking te beginnen of te continueren maar dat geen vergunning nodig is om een onttrekking te stoppen, terwijl beide een even grote nadelige invloed kunnen hebben.

In de toekomst zal in nieuwe vergunningen een bepaling worden opgenomen dat beëindiging of vermindering van onttrekkingen of infiltraties, ruim van te voren moet worden aangekondigd bij de betrokken instanties, zodat op de nieuwe situatie kan worden ingespeeld.

Een goed grondwaterbeheer vereist in de eerste plaats hanteerbare normen voor toelaatbare grondwaterstanden voor verschillende delen van de stad. Daarnaast zijn er de technische en bestuurlijke middelen nodig om deze normen na te kunnen leven. Tot nu toe ontbreken beide nog. Het is de vraag of het zinvol is nauwkeurige eisen op te stellen voor de toelaatbare variatie van de grondwaterstand qua diepte, duur en frequentie als het haast onmogelijk is om deze variaties ook daadwerkelijk in het veld te toetsen. Wellicht is er daarom net zoveel voor te zeggen om eisen te stellen aan de wijze waarop de afwatering, ontwatering en grondwatervoorraad beheerst worden middels de inrichting van het gebied en het gebruik van de juiste technische middelen.

Dit kan gestalte krijgen door eisen te stellen aan de doorlatendheid van de ondergrond, aan de afvoercapaciteit en de dichtheid van de drainagemiddelen en aan de onderlinge afstanden en het peil van de open waterlopen. Door de waterhuishoudkundige inrichting van een woongebied integraal te bekijken op de mogelijkheden voor het beheersen van de grondwaterstand kan overlast op de meest efficiënte wijze voorkomen worden. Een dergelijke integrale benadering van de waterhuishouding wordt aangegeven in de nieuwe regelingen omtrent het grondwaterbeheer in stedelijke gebieden in de nieuwe Wet op de Waterhuishouding: "In bestemmingsplannen en waterbeheersplannen dient te worden aangegeven op welke wijze de ontwaterings- en afwateringssituatie van het stedelijke gebied in hun onderlinge samenhang zijn ingericht." De provincie dient hier bij de beoordeling op toe te zien.

Ten aanzien van de sanering van te hoge grondwatersanden in het stedelijke gebied zou de gemeentes moeten worden aanbevolen een gemeentelijk grondwaterbeheersplan op te stellen. Op basis van het gemeentelijk grondwaterbeheersplan kan dan een grondwatersaneringsplan opgesteld worden.

In dit saneringsplan kan een planning voor de middellange termijn opgenomen worden waar met name bij wordt aangegeven hoe de kosten van de sanering over meerdere jaren verdeeld kunnen worden.

5.1.3. ten aanzien van financiële aspecten

I. relatie huurder en verhuurder:

Als huurder heeft men recht op een goede woning. Indien in de woning regelmatig overlast wordt ondervonden van abnormale hoge vochtigheid kunnen er twee situaties onderscheiden worden; de verhuurder is wel aansprakelijk voor deze situatie of de verhuurder kan niet aansprakelijk geacht worden voor deze situatie.

Indien de verhuurder aansprakelijk geacht moet worden voor het regelmatig voorkomen van hoge relatieve luchtvochtigheid in de woning, kan de huurder van de verhuurder eisen dat deze al het redelijk mogelijke doet om de overlast te verhelpen c.q. te beperken. Hiertoe kan de huurder de huur bevroren (huurverhoging niet betalen) of kan hij zelfs een huurverlaging eisen zolang de overlast niet is verholpen. Uiteraard dient men eerst de verhuurder van de problemen op de hoogte te brengen en deze in staat stellen maatregelen te treffen. Als de verhuurder claimt dat hij niet voor de overlast aansprakelijk gesteld kan worden, kan het noodzakelijk zijn dat een externe deskundige na onderzoek een uitspraak doet omtrent de mate van overlast en de oorzaken daarvan. In voorkomende gevallen kan ondersteuning vanuit een huurdersbelangenorganisatie daarbij van nut zijn.

II. relatie eigenaar als bewoner en gemeente:

Als bezitter van een woning is men in eerste instantie zelf verantwoordelijk voor de bouwtechnische kwaliteit van de woning. Indien overlast wordt ondervonden van onjuiste grondwaterstanden is het van belang welke oorzaken voor deze overlast zijn aan te wijzen. Mocht bijvoorbeeld blijken dat de gemeente het terrein onjuist bouwrijp heeft gemaakt, dan kan de gemeente wellicht hier voor aansprakelijk gesteld worden. In zijn algemeenheid is dit echter een moeilijke procedure omdat achteraf moeilijk is te bepalen, of de gemeente inderdaad nalatig is geweest. Bovendien is nog nergens in detail vastgelegd aan welke eisen een bouwrijp gemaakt terrein moet voldoen.

Indien de grondwateroverlast een gevolg is van rioolrenovatie wordt de gemeente echter vaak wel aansprakelijk gesteld. De gemeente zal vooraf moeten onderzoeken of door de rioolrenovatie problemen met verhoging van de grondwaterstand zijn te verwachten en zal daarop moeten reageren door bijvoorbeeld tijdens de renovatie drainage aan te leggen. Dit brengt in het algemeen maar geringe extra kosten met zich mee, zeker in vergelijking met de kosten van maatregelen achteraf.

Een probleem ontstaat indien de gemeente zich op het standpunt stelt dat de riolering nooit is aangelegd met het doel om de grondwaterstand te beheersen. De vraag is dan of de gemeente verplicht kan worden de door lekkage veroorzaakte drainerende werking te vervangen door een drainagestelsel als het riool weer waterdicht wordt gemaakt.

De riolering was oorspronkelijk immers ook waterdicht.

Grondwateroverlast ten gevolge van zettingen of stopzetten van onttrekkingen kan niet als de verantwoordelijkheid van de gemeente gezien worden omdat de gemeente niet de wettelijke verplichting heeft een bepaalde grondwaterstand te handhaven. Wel ziet de gemeente het vaak als een zorgtaak om de grondwaterstand zodanig te beheersen, dat hiervan zo min mogelijk overlast optreedt. Indien zij van goede wil is en het probleem als politiek belangrijk ziet, zal zij voor zover binnen het budget mogelijk is maatregelen willen nemen om de ergste overlast te voorkomen. Wil men de gemeente aansprakelijk kunnen stellen dan moet zij hetzij door het nalaten, hetzij door het doen van bepaalde werken of maatregelen aantoonbaar schuld hebben aan het ontstaan van de overlast. In de andere gevallen zal voorlopig nog op basis van bereidwilligheid gezamenlijk naar de beste oplossing gezocht moeten worden.

De verdeling van de kosten kan dan bijvoorbeeld gemaakt worden op basis van de verdeling van de taken, waarbij de eigenaar het perceel onttrekt en de gemeente voorzieningen realiseert voor de afvoer van het water, conform de situatie bij de hemelwaterafvoer.

III. relatie verhuurder en gemeente:

Indien de verhuurder een woningcorporatie is, heeft deze in het algemeen een betere onderhandelinspositie met de gemeente dan particuliere eigenaren. Dit is echter alleen een politiek verschil, in principe is de relatie hetzelfde als tussen bewoner-eigenaar en de gemeente. Hier geldt dus hetzelfde voor het aansprakelijk stellen en verdeling van de kosten als hierboven.

IV. relatie gemeente en schap:

Zoals reeds in paragraaf 5.1.2. is aangegeven zal de taakverdeling tussen gemeente en schap verdeeld worden volgens de scheiding tussen ontwatering en afwatering. Deze scheiding wordt aangegeven in de Derde Nota Waterhuishouding, de gemeente en schappen kunnen echter in onderling overleg van deze strikte scheiding afwijken. De taakverdeling die uit deze afspraken volgt zou door de provincie juridisch moeten worden vastgelegd.

De gemeente kan de kosten van aanleg en onderhoud van de afvoervoorzieningen ten bate van de perceelsoontwatering dekken uit een gemeentelijke heffing. De schappen zullen de kosten voor de afvoer van het door de gemeente geloosde water dekken via de omslag over de ingelanden.

5.2. DE FASERING.

In deze paragraaf wordt de saneringsprocedure in grote lijnen uiteengezet. In chronologische volgorde is aangegeven welke fasen achtereenvolgens doorlopen worden om de ondervonden problemen op een efficiënte wijze tot een oplossing te brengen. De fasen die daarbij kunnen worden onderscheiden, zijn achtereenvolgens de inventarisatie-, de onderzoeks-, de ontwerp-, de uitvoerings- en de beheersfase. Voor elke fase wordt tevens aangegeven welke organisatorische aspecten daarin van belang zijn.

5.2.1. de inventarisatiefase.

In de inventarisatiefase is het einddoel dat er een nauwkeurig inzicht bestaat in de aard, omvang en ruimtelijke verspreiding van de problemen. De aard van de problemen moet worden vastgelegd naar de uiterlijke effecten, en naar tijdstip en duur van optreden. In eerste instantie dienen zowel de bouwtechnische als de waterhuishoudkundige problemen zo volledig mogelijk te worden vastgelegd. Pas na deskundig onderzoek kunnen de oorzaken en verbanden tussen verscheidene problemen worden bepaald.

Indien er sprake is van een belangenorganisatie in een wijk kunnen de problemen het beste meteen binnen de hele wijk worden geïnventariseerd. Een dergelijke organisatie kan een woningbouwvereniging, huurdersvereniging, wijkopbouworgaan zijn. Het is niet noodzakelijk dat de organisatie ook daadwerkelijk de woningen beheert, maar zij dient in ieder geval de bewoners te vertegenwoordigen. Het is immers de vraag of een inventarisatie die alleen door de verhuurder of gemeente is uitgevoerd wel als betrouwbaar ingeschat moet worden.

Deze betrokkenen zullen geneigd zijn om de door bewoners ervaren problemen niet te erkennen om te voorkomen aansprakelijk gesteld te worden. Een gezamenlijke aanpak van eigenaar, gemeente en vertegenwoordigers van de bewoners geniet daarom veruit de voorkeur.

De aanleiding voor een dergelijke inventarisatie bestaat meestal uit een groeiend aantal klachten van de bewoners in een wijk. Doordat de bewoners de ondervonden problemen verschillend interpreteren en dus hun klachten verschillend verwoorden, ontstaat uit de klachten op zich geen duidelijk beeld omtrent de aard, omvang en verspreiding van de problematiek. Immers wat de ene bewoner een vochtige kruipruimte vindt kan de andere bewoner hetzij nooit zijn opgevallen, hetzij als droog hebben ervaren. Alleen door juiste voorlichting, éénduidige vraagstelling en interpretatie van de antwoorden kan een betrouwbaar beeld ontstaan van de problemen in de buurt.

Een inventarisatie van de problemen kan het beste in een aantal stappen ingedeeld worden. Om de bewoners te interesseren is het van belang dat op de eerste plaats alle bewoners in de wijk voorgelicht worden. Hierbij moeten de doelen van de inventarisatie duidelijk uiteen gezet worden en kunnen bepaalde handreikingen gegeven worden hoe eventuele problemen door de bewoners herkend kunnen worden;

"Kijkt U eens onder het kruipluik, en voel of de grond vochtig aanvoelt",

of

"Is er in de kruipruimte sprake van schimmelgroei, of ruikt het in de kruipruimte muff, bedompt?".

Na deze voorlichting kan het beste een gestandaardiseerd enquêteformulier onder begeleiding ingevuld worden. Dit dient onder begeleiding te gebeuren, omdat anders de ondervonden problemen niet éénduidig geformuleerd zullen worden.

Dit vergt uiteraard nogal wat uren werktijd voor degenen die deze enquête gaan uitvoeren. Om te voorkomen dat onnodig tijd en geld gespendeerd worden aan het uitgebreid interviewen van bewoners die geen klachten hebben, is het zinvol om de inventarisatie stapsgewijs uit te voeren. In eerste instantie worden de woningen ingedeeld in een groep met en een groep zonder klachten. Deze indeling kan gemaakt worden op grond van een globaal buurtonderzoek dat wordt uitgevoerd door vertegenwoordigers van de bewoners zoals het bestuur van een wijkvereniging eventueel aangevuld met vrijwilligers. Deze dienen onderling goede afspraken te maken omtrent de criteria of een woning al dan niet als een probleemwoning moet worden aangemerkt.

Deze eerste grove schifting van het woningenbestand reduceert de inzet van dure uren van deskundigen. Zij kunnen in de tweede ronde de bewoners met klachten nader interviewen. In deze tweede ronde dient er een nauwkeurig inzicht te komen in de aard van de problemen, tijdstippen en duur van optreden, in de plaats van optreden van de effecten en in de vermoedelijke oorzaken.

Als het overzicht van alle in de wijk ervaren problemen is afgerond, wordt het tijd om met een team van deskundigen en betrokkenen een plan op te stellen. Dit actieplan dient te beschrijven welke aanvullende onderzoeken er uitgevoerd moeten worden om uitsluitel te krijgen over de oorzaken van de problemen. In deze fase dient ook aandacht besteed te worden aan de wijze waarop de kosten van dergelijke onderzoeken gedragen zullen worden. Hierover meer in paragraaf 5.2.3. Uiteindelijk dient in het actieplan te worden omschreven, wie, wanneer, welke onderzoeken, waar uitvoert en wie de resultaten daarvan interpreteert en beheert.

Om zowel de inventarisatie van de problemen via een, eventueel getrapte, enquête als de verwerking daarvan tot uiteindelijk een actieplan voor de onderzoeksfase goed te laten verlopen is het aan te bevelen om een **stuurgroep** in het leven te roepen. Deze stuurgroep bestaat uit vertegenwoordigers van alle betrokken partijen bij de sanering. Deze partijen zijn de bewoners, de eigenaar, de gemeente en eventuele externe deskundigen. Indien elke groep van betrokkenen een vertegenwoordiger zitting laat nemen in deze stuurgroep kunnen hierin de belangen van de verschillende partijen tegen elkaar afgewogen worden en kunnen de activiteiten worden gecoördineerd. Ten slotte is de stuurgroep geschikt om de achterban van de betrokken partijen op de hoogte te houden van de ontwikkelingen van het saneringsverloop.

5.2.2. de onderzoeksfase.

In de onderzoeksfase moeten twee zaken onderzocht worden. In de eerste plaats dienen de **oorzaken** achter de problemen zowel kwalitatief als kwantitatief bepaald te worden. Daarnaast dient er duidelijkheid gebracht te worden in de gewenste situatie na de sanering. Hieruit moeten **criteria** geformuleerd worden waaraan eventuele maatregelen getoetst kunnen worden.

Voor het bepalen van de oorzaken van de problemen is in het algemeen gespecialiseerd onderzoek noodzakelijk vanuit diverse vakdisciplines. Voor het achterhalen van bouwtechnische vochtbronnen kunnen het beste bouwtechnisch deskundigen ingeschakeld worden. Voor onderzoek naar de grondwaterstanden en naar overige aspecten van de waterhuishouding rondom de woningen zal een waterbeheerstechnisch bureau ingeschakeld moeten worden. Vaak is deze kennis niet in één bureau verenigd. Al met al is het van belang dat de stuurgroep een actieplan voor deze onderzoeken opstelt zodat offertes van dergelijke specialisten kunnen worden aangevraagd.

De stuurgroep zal uiteindelijk beslissen welke onderzoeken door wie en waar uitgevoerd gaan worden. De resultaten van deze onderzoeken moeten vertaald worden naar mogelijke maatregelen om de oorzaken van de problemen te bestrijden.

Het opstellen en beoordelen van de mogelijke maatregelen zal in de volgende fase aan de orde komen. Voor die fase is het noodzakelijk dat de stuurgroep eerst overeenstemming bereikt over de criteria op grond waarvan het pakket van te nemen maatregelen samengesteld zal worden. Deze criteria hebben betrekking op de gewenste situatie ten aanzien van de vocht- en waterhuishouding na het uitvoeren van de maatregelen, maar ook op de wijze waarop deze maatregelen uitgevoerd gaan worden.

In dit verband zal het nodig zijn om onder de bewoners met klachten te inventariseren in hoeverre zij bereid zijn bij te dragen in de kosten van maatregelen, en of zij bereid zijn eventuele hinder tijdens de uitvoering te accepteren.

In eerste instantie lijkt het omslachtig om twee enquêtes te houden, maar het is van groot belang dat de bewoners zich betrokken blijven voelen bij de sanering van hun problemen. Daarnaast kan een vroegtijdig inzicht in de wensen van de bewoners voorkomen dat ongewenste maatregelen tevergeefs worden uitgewerkt. Uiteraard zijn er ook andere werkvormen denkbaar om achter de wensen van de bewoners te komen. Zo kan er ook per buurt een voorlichtingsavond belegd worden waarop deze aspecten aan de orde komen. Zo'n avond kan georganiseerd worden door de stuurgroep of de bewoners-belangenorganisatie. Tijdens deze bijeenkomsten kan ook worden afgetast hoe de eventuele kosten van de sanering gedekt kunnen worden.

5.2.3. de ontwerp- en uitvoeringsfase

De ontwerpfase moet leiden tot een beslissing aangaande het pakket van maatregelen dat genomen zal gaan worden. In de uitvoeringsfase wordt dit pakket van maatregelen uitgevoerd waarbij controle noodzakelijk is. In deze beide fasen is de stuurgroep van cruciaal belang. In de eerste plaats moet het juiste pakket van maatregelen samengesteld worden, daarna moet er gezorgd worden voor controle op een juiste uitvoering.

Als bepaald is welke oorzaken ten grondslag liggen aan de problemen kunnen de mogelijke maatregelen opgesteld worden. Hiertoe worden de mogelijkheden zoals aangegeven in hoofdstuk 3 en 4 afgezet tegen de toetsingscriteria die zijn geformuleerd.

In hoeverre bepaalde maatregelen tegemoet komen aan de beoordelingscriteria kan het beste door de deskundigen worden aangegeven. De stuurgroep kan dan op basis van deze beoordeling bepalen welke maatregelen uiteindelijk tot het gewenste pakket behoren.

Tijdens de uitvoering van de maatregelen is controle noodzakelijk. In de praktijk is gebleken dat met name bij maatregelen die niet in het zicht worden uitgevoerd of waar nog weinig ervaring mee is opgedaan, veel fouten in de uitvoering worden gemaakt. Achteraf zal dan blijken dat de maatregelen toch niet het verwachte effect opleveren waarmee de gedane investeringen en moeite voor niets blijken.

Tijdens de uitvoering dient men met name op de nauwkeurigheid van de uitvoering te letten. Zo zullen verticale "bobbels" groter dan de diameter van de drain leiden tot verstopping van die drainbuis. Een ander voorbeeld is de aansluiting van dampremmende folies aan de muren of het aanbrengen van voorzieningen om de begane grondvloer meer luchtdicht te maken. Als deze voorzieningen niet nauwkeurig worden aangebracht, zal het effect ervan minimaal zijn.

Deze controle zal het beste kunnen worden opgedragen aan een onafhankelijk deskundige.

Na de uitvoering en vóór de laatste oplevering dienen de effecten van de maatregelen getest te worden, op de eerste plaats om vast te stellen of de problemen daadwerkelijk verholpen zijn en op de tweede plaats om hieruit te leren voor een volgende sanering.

5.2.4. de beheersfase.

Een aantal maatregelen behoeven na de realisatie nog regelmatig onderhoud om te blijven functioneren. Dit geldt bijvoorbeeld voor een drainagesysteem. Daarnaast kan achteraf blijken dat door hetzij veranderde omstandigheden hetzij wijzigingen in de wensen van de betrokkenen de uitgevoerde maatregelen aangepast of verbeterd moeten worden. Ook kunnen zich nieuwe oorzaken aandienen waardoor een herhaling van de klachten optreedt. Al met al is het niet zo dat na de realisatie van de maatregelen alle problemen voorgoed de wereld uit zullen zijn. Daarom dienen er goede afspraken gemaakt te worden over het verdere beheer na de uitvoering van de maatregelen.

5.2.5. schematisch overzicht van de saneringsprocedure.

tabel 5.1. wie doet wat tijdens de sanering.

FASEN	DOEL	AKTIVITEITEN	UITVOERENDE
inventarisatie	vaststellen van omvang, verspreiding en aard van de problemen in de vocht- en water-huishouding. opstellen van actieplan voor sanering.	1. voorlichting van bewoners; 2. enquête t.b.v. voorselectie; 3. nadere enquête onder bewoners met problemen. 4. opstellen actieplan	ad1. bewonersorganisatie. ad2. bewonersorganisatie. ad3. deskundige. ad4. stuurgroep.
onderzoek	1. vaststellen van oorzaken voor de problemen; 2. vaststellen van criteria voor toetsing van alternatieve oplossingen.	ad1. diverse bouwtechnische en waterhuishoudkundige onderzoeken volgens actieplan van stuurgroep. ad2. bijeenkomsten van groepen van betrokkenen en overleg ten aanzien van eisen en wensen.	ad1. deskundigen op het gebied van de bouwfysica en waterbeheersing; ad2. stuurgroep op basis van onderzoek binnen de achterban.
ontwerp	samenstellen van optimale pakket van maatregelen met aanwijzingen voor de uitvoeringswijze op basis van oorzaken en toetsingscriteria	vaststellen van haalbare basisprincipes; beoordelen in hoeverre de alternatieven aan de diverse toetsingscriteria voldoen; kiezen van optimale pakket van maatregelen.	deskundigen in nauwe samenwerking met de stuurgroep en uitvoerende.
uitvoering	realisatie van het optimale pakket van maatregelen.	uitvoering van maatregelen; controle tijdens de uitvoering op nauwkeurigheid en juistheid;	aannemer; onafhankelijk deskundige in opdracht van stuurgroep.
beheer	het in goede toestand laten blijven van de oplossingen; eventueel bijstellen van de oplossing; signaleren van nieuwe problemen.	regelmatige controle op werking; regelmatig onderzoek naar de situatie t.a.v. de vocht- en waterhuishouding.	eigenaar en gemeente of anderen op basis van het door de stuurgroep vastgestelde beheersplan

5.3. VOORSTEL VOOR TAAKVERDELING.

In deze paragraaf wordt een voorstel gedaan om te komen tot een eenduidige taakverdeling bij de sanering. Dit voorstel is gebaseerd op de ideeën die hieromtrent leven bij de rijksoverheid en de provincies. Deze taakverdeling zal gestalte moeten krijgen in de regelgeving op basis van de wet op de waterhuishouding en worden vastgelegd in gemeentelijke saneringsplannen. Achtereenvolgens zal worden ingegaan op de taken en kosten in de fasen vóór de sanering, tijdens de sanering en daarna.

5.3.1. vóór de sanering.

De sanering kan slechts efficiënt verlopen, indien alle betrokkenen een goed overzicht hebben van de onderlinge taakverdeling. Daarnaast moeten de belangen van de bewoners, van de eigenaren en van de gemeente goed vertaald worden naar toetsingscriteria voor het samenstellen van het juiste pakket van maatregelen.

Tijdens de inventarisatie- en onderzoeksfase is nog weinig bekend is over de omvang en kosten van de sanering. Dit is een van de redenen waarom de eigenaar en/of de gemeente in eerste instantie geneigd zijn om de klachten van bewoners als ongegrond te bestempelen. Indien echter binnen een wijk het vermoeden bestaat dat er meerdere gelijksoortige klachten betreffende vocht- en/of grondwateroverlast voorkomen, is het aan te bevelen om de zaak gezamenlijk aan te pakken. Daartoe moeten de betrokken partijen overtuigd raken van de noodzaak om samen de problemen te onderzoeken, waarna met gezamenlijke inspanning naar de oplossing toe gewerkt kan worden.

Een geschikte methode om de betrokken partijen te mobiliseren is het beleggen van een informatiebijeenkomst, eventueel na schriftelijke voorlichting omtrent de ervaren problemen. Tijdens deze bijeenkomst van bewoners, eigena(a)r(en) en vertegenwoordiging van de gemeente kunnen de klachten globaal geïnventariseerd worden en kan reeds gepeild worden in hoeverre de bereidheid bestaat de problemen aan te pakken.

Als er nog geen organisatie voor de behartiging van de belangen van de bewoners bestaat, kan er tijdens deze bijeenkomst een aanzet toe gemaakt worden.

De primaire taak van een dergelijke belangenorganisatie bestaat uit het globaal inschatten van de aard, omvang en verspreiding van de klachten. Daarna kan deze organisatie de overige betrokken partijen rond de tafel krijgen voor het oprichten van een stuurgroep.

De eerste taak van de stuurgroep bestaat uit het verstrekken van doelmatige informatie aan de bewoners. Deze informatie dient om de bewoners nogmaals te wijzen op het belang van de sanering en om handreikingen te geven voor het herkennen van de effecten van problemen in de vocht- of waterhuishouding in en rondom de woning.

Na deze informatieronde dient er geïnventariseerd te worden welke bewoners reële klachten hebben. De belangenorganisatie van de bewoners kan hiertoe een voorselectie maken om zodoende dure uren van specialisten uit te sparen.

Als alle bewoners zijn geïnventariseerd moeten de resultaten verwerkt worden. Hierbij kan een kadasterkaart goed van pas komen. Door de ondervonden problemen in klassen in te delen en vervolgens van een kleurcode te voorzien, kunnen de problemen naar soort ingetekend worden op de kadasterkaart.

Een dergelijke ingetekende kaart kan gebruikt worden in de volgende fase, doordat aan de hand van de ruimtelijke verspreiding van de klachten mogelijke oorzaken achterhaald kunnen worden.

De klassenindeling van de problemen kan in de eerste plaats gemaakt worden op basis van het onderscheid of de problemen zich voordoen in bepaalde vertrekken van de woning, dan wel in de kruipruimte of in de hele woning. Ook kan een onderscheid gemaakt worden tussen problemen die verband houden met de vochtuishouding in de woning of juist verband houden met de waterhuishouding in de woonomgeving. Hierbij dient gewaarschuwd te worden voor het overhaast indelen van problemen naar mogelijke oorzaak. In dit stadium is het gevaarlijk om zonder onderzoek al bepaalde oorzaken uit te sluiten.

In deze inventarisatiefase dient men alle mogelijkheden voor oorzaken open te houden en zich in eerste instantie te richten op de verschijningsvormen van de ondervonden problemen. Men kan beter een indeling maken op basis van de plaats waar eventuele problemen zich voordoen en op basis van het tijdstip en de duur van optreden.

Als nu bekend is welke bewoners klachten hebben dient er door de stuurgroep een actieplan voor de onderzoeksfase opgesteld te worden. Dit actieplan betreft zowel onderzoeken op technisch vlak om de oorzaken van de klachten te achterhalen als onderzoek op sociaal-wetenschappelijk vlak om criteria vast te stellen waaraan oplossingen moeten voldoen.

De kosten van de informatievoorziening, van de voorselectie en van de werkzaamheden van de stuurgroep kunnen betaald worden uit de contributie die de bewoners betalen voor hun lidmaatschap van de bewonersbelangenorganisatie. Daarnaast zijn er meerdere subsidiemogelijkheden. Te denken valt aan potjes van de woningbouwverenigingen, Inspraak Stads Vernieuwing, enzovoorts.

Deze subsidie kan het beste via de wijkopbouworganen geregeld worden.

De stuurgroep zal na de inventarisatie in onderling overleg moeten bepalen hoe de kosten voor de onderzoeksfase opgebracht moeten worden. Immers, voordat de resultaten van de diverse onderzoeken bekend zijn, kan nog geen direct verantwoordelijke voor de overlast worden aangewezen zodat ook geen claims gelegd kunnen worden bij één van de betrokken partijen. Wel kan worden afgesproken dat, indien uit de onderzoeken blijkt dat er een duidelijke aansprakelijke partij is aan te wijzen, deze achteraf de kosten van inventarisatie en onderzoek op zich zal nemen.

5.3.2. tijdens de sanering.

De sanering begint in feite al bij het onderzoek naar de oorzaken van de klachten. De stuurgroep heeft in de voorafgaande fase een onderzoek geïnitieerd dat nu door de stuurgroep begeleid wordt. De stuurgroep zal ook als eerstverantwoordelijke voor de interpretatie van de resultaten zorg moeten dragen. Naast het onderzoek door de deskundigen naar de oorzaken dient de stuurgroep een inventarisatie uit te voeren naar de gewenste situatie na de sanering, waaruit criteria afgeleid worden. Deze criteria dienen als toets-hulpmiddel voor de keuze van de optimale maatregelen.

Als beide onderzoeken zijn afgerond moet de stuurgroep het pakket van maatregelen opstellen dat zal worden uitgevoerd. Hiervoor kan de in hoofdstuk vier genoemde methode van de gewogen multi-criteria-analyse gebruikt worden.

Hierbij zullen de deskundigen het beste kunnen aangeven in hoeverre de alternatieve maatregelen tegemoet komen aan de verscheidene beoordelingscriteria. Dus de deskundigen bepalen de rangorde van de alternatieven per criterium. De stuurgroep bepaalt op basis van de eerder gehouden inventarisatie het belang van de criteria onderling.

Als het optimale pakket van maatregelen bekend is, kunnen gegadigden voor de uitvoering uitgenodigd worden een prijsopgave te doen. De stuurgroep zal hier een adviserende taak hebben. Uiteindelijk bepaalt de eigenaar van de woningen wie het werk gegund wordt. Tijdens de uitvoering dient de stuurgroep toe te zien op een nauwkeurige uitvoering. Tevens dient zij de relatie tussen de aannemer en de bewoners te begeleiden. Hierbij valt te denken aan overleg omtrent de werktijden van de aannemer en omtrent maatregelen om de overlast zoveel mogelijk acceptabel te houden.

De kosten van de sanering zullen verdeeld kunnen worden over degenen die bij de sanering gebaat zijn. De verdeling van de kosten zou gelijk kunnen lopen met de verdeling van de verantwoordelijkheden zoals eerder in dit hoofdstuk is geschetst. Dus bouwtechnische maatregelen voor rekening van de eigenaar voor zover deze tot het normale onderhoud gerekend worden, en voor rekening van eigenaar en bewoner indien het tevens een geriefsverbetering betreft. De waterhuishoudkundige maatregelen worden betaald door de gemeente, eigenaar en schappen volgens de eerder aangegeven verdelingen.

5.3.3. na de sanering.

Na de sanering zal de stuurgroep het verloop ervan moeten evalueren; dit om te leren voor volgende saneringen. Tevens dienen na de sanering de gerealiseerde maatregelen getoetst te worden. Deze toetsing dient om na te gaan of de maatregelen inderdaad het beoogde effect hebben bereikt. De bewoners zullen hierbij betrokken moeten worden. Als de maatregelen blijken te voldoen kan de saneringsprocedure afgesloten worden.

Na de sanering van de problemen in de vocht- en waterhuishouding breekt de fase van het beheer aan. De laatste taak van de stuurgroep zal bestaan uit het opstellen van een beheersplan.

Een beheersplan dient te omschrijven wie verantwoordelijk is voor bepaalde voorzieningen ter beheersing van de vocht- en waterhuishouding in respectievelijk rondom de woning. Deze verantwoordelijkheid betekent concreet dat het onderhoud, controle op een juiste werking en eventueel de bediening ervan zodanig moeten worden vastgelegd dat de betrokkenen een zo goed mogelijk profijt van de investeringen hebben.

De eigenaar van de woning zal daarbij verantwoordelijk zijn voor de bouwtechnische staat van de woning, voor de bouwtechnische maatregelen ten bate van de beheersing van de vochthuishouding, alsmede voor de ontwatering van het eigen perceel. De gemeente zal in het algemeen de verantwoordelijkheid op zich moeten nemen voor de gezamenlijke (hoofd)drainafvoerleidingen en de ontwatering van de openbare gebieden. Het waterschap zal de verantwoordelijkheid op zich dienen te nemen voor de afwatering.

INDEX

pagina

aansprakelijkheid	28, 30, 102
aanspreekbaarheid	28, 112
afgesloten grondwater	5, 60
afstroming	3, 60
afwatering	2
bodem	4
bodemvocht	5
bouwrijpmaken	4
bouwvocht	40
capillaire werking	42
condensatie	46
dampdiffusie	46
doorlatendheid	57, 71
doorslaand vocht	41, 82
drainage	71, 92, 94
drooglegging	5
evapotranspiratie	3, 61, 63
freatisch grondwater	5, 60
fundering	26
gedeeltelijk afgesloten grondwater	4, 5
geohydrologie	18
grond	4
grondwater	4, 24, 26
infiltratie	53, 55
interceptie	53
inwendige condensatie	47, 88

inziging	2, 3, 56
isolatie	48
korrelspanning	27
koudebrug	47, 88
kruipruimte	41
kwel	2, 3, 56
lekkage	41
maaiveld	5
netto neerslag	53
onttrekkingen	60, 61, 104
ontwatering	2, 103
ontwateringsnormen	25, 51
onverzadigde zone	54
opbolling	5
oppervlakte condensatie	46, 88
optrekkend vocht	40, 80
percolatie	54
riolering	2, 17, 26, 53, 90
rioolrenovatie	105
stijghoogte	4, 5, 19, 56, 60, 70, 93
ventilatie	45, 48
verdamping	40, 42
verzadigde zone	4, 5, 56
vochtbrug	41
woonvocht	44, 87
zetting	27

LITERATUURLIJST

Bij hoofdstuk twee :

P.N.M. Dijkmeester, *Omvang van de grondwateroverlast in het stedelijk gebied van Nederland*. 1988. Rijkswaterstaat en TU-Delft.

Analyse van 72 vochtonderzoeken. 1984. Nationale Woningraad.

Enquête grondwateroverlast stedelijke gebieden. 1990. Provincie Limburg.

Enquête grondwateroverlast stedelijke gebieden. 1990. Provincie Noord-Holland.

Grondwateroverlast in het stedelijk gebied. 1988. Provincie Gelderland.

E.N. Boere, *Grondwaterproblematiek in de gemeente Amsterdam; -in vogelvlucht-*. 1990. OMEGAM.

J.J. van Meerten, *Grondwateroverlast in de Leidse buurt*. Haarlem, 1986. TU-Delft.

P.C. Raab, *Onderzoek naar vochtklachten in woningen te Cromstrijen*. 1986.

T.W.M. Bakker, *Pompen en Verzuipen; wateroverlast rond de Helderse duinen*. 1986. Bouwcentrum Rotterdam.

Rapport werkgroep grondwateroverlast Den Haag. 1986. Gemeente Den Haag.

P.C. Raab, *Onderzoek naar vochtklachten in woningen te Arnhem*. 1986. Bouwcentrum Rotterdam.

H.J. Frederiks, *Oorzaken en gevolgen van wisselende grondwaterstanden voor (oud-) Purmerend*. 1987.

N. Borreman, *gevolgen te hoge grondwaterstanden in stedelijk gebied*. 1984.

Locher en Bakker, *Bodemkunde van Nederland I en II*. 1988. Staring centrum.

Hulsbergen, *Paalrot ten gevolge van lage grondwaterstanden*. 1984.

Varekamp, *gezondheid en vochtigheid van woningen*. 1973.

A.P. Verhoef, *Vochtigheid van woningen*. 1989. GG&GD Amsterdam en LU-Wageningen.

Bij hoofdstuk drie :

N. Lardenoye, *Hydrologie in de bouw*. 1974.

Verklarende hydrologische woordenlijst. 1986. Commissie voor Hydrologisch Onderzoek, TNO.

J.F.K.Z. Visser, *Binnenklimaat en energieverbruik*. 1973. TNO, RWA, Gasunie.

K. Gösele, *Schall, Wärme, Feuchtigkeit*. 1972. FBW.

H.W. Bobran, *Handbuch der Bauphysik*. 1967.

K. Moritz, *Richtig und falsch im Wärmeschutz, Feuchtigkeitsschutz u. Bautenschutz*. 1970.

- W.A. Segeren, *Bouwrijp maken van terreinen*. 1984. Stichting Bouwresearch.
- W.A. Segeren, *Waterbeheersing*. collegedictaat f16N, 1988. TU-Delft.
- H. Hengeveld, *Bouwrijpmaken en Stadsvernieuwing*. collegedictaat f17N, 1985. TU-Delft.
- F.H.M. van de Ven, *Waterbeheersing Stedelijke gebieden*. collegedictaat f16S, 1990. TU-Delft.
- Pato-cursus, Stedelijk grondwater*. 1986. TU-Delft.
- J.C. van Dam, *Geohydrologie*. collegedictaat f15C, 1985. TU-Delft.

Bij hoofdstuk vier :

- W.J. Lichtveld, *Naar dichtere begane-grondvloeren*. SBR-publicatie 203, 1989.
- W. Bauer, *Wat te doen bij vochtklachten*. 1990. Amsterdams Steunpunt Wonen.
- A.F. van Weele, *Fundering en constructie*. collegedictaat g81, 1989. TU-Delft.
- G. Geldoff, *Maatregelen tegen grondwateroverlast*. 1991. TAUW Infra Consult bv.
- A.R. de Borst, *Een vochtig huis -wat doe je eraan*. 1971. Bouwcentrum Rotterdam.
- N. Lardenoije, *Bouwschade II*. 1986.
- K. Moritz, *Richtig und falsch im Wärmeschutz, Feuchtigkeitsschutz u. Bautenschutz*. 1970.
- F.H.M. van de Ven, *Waterbeheersing Stedelijke gebieden*. collegedictaat f16S, 1990. TU-Delft.
- Pato-cursus, Stedelijk grondwater*. 1986. TU-Delft.
- Vochtoverlast in stedelijk gebied: drainage en grondwaterbeheer*. 1987. WARECO.

Bij hoofdstuk vijf :

- P.N.M. Dijkmeester, *Grondwater in Stedelijk gebied; een bestuurlijk probleem*. 1988.
- F.P.J.M. Otten, *Juridische en bestuurlijke aspecten van grondwateroverlast*. 1986. Gemeente Enschede.
- Bestuurlijke, technische en juridische aspecten ten aanzien van de regulering van de grondwaterstand en het hergebruik van niet chemisch verontreinigde grond*. 1986. Gemeente Roosendaal en Nispen.
- Leven door Water; Waterhuishoudingsplan*. (ontwerp). 1990. Provincie Zuid-Holland.
- Stedelijk grondwater*. Pato-cursus. 1986. TU-Delft.
- Toepassing grondwaterwet*. verslag van de commissie grondwaterbeheer. 1989. ministerie van V&W.
- Groen licht voor grondwaterbeheer*, advies aan de minister van V&W, commissie voor grondwaterbeheer, 1989. ministerie V&W.