

**Coördinatie uitbouw grondwatermeetnet in Vlaamse natuureservaten i.f.v.
opmaak signaalkaart verdroging**

MINA/112/00/02

**Studie in opdracht van de Vlaamse Gemeenschap, Administratie Milieu-,
Natuur- en waterbeheer, afdeling Natuur**

**Bijlage:
Brochure hydrologische monitoring in natuurgebieden**

Toon Van Daele

Februari 2003

Inhoud

1	Inleiding.....	3
2	Basisbegrippen van de hydrologie en eco-hydrologie	4
2.1	HYDROLOGISCHE CYCLUS	4
2.2	GRONDWATERSTROMING.....	5
2.3	ENKELE GRONDWATERSYSTEMEN	8
2.4	VERDROGING	9
2.5	HYDROGEOLOGISCHE CODERING	12
2.6	GRONDWATERDATABANKEN IN VLAANDEREN	13
3	Plaatsen van piëzometers praktisch	14
3.1	PEILBUIS OF PIËZOMETER?	14
3.2	BENODIGDHEDEN	15
3.3	PIËZOMETER KLAARMAKEN	16
3.4	HET PLAATSEN.....	17
3.5	PIËZOMETERNETWERKEN	21
3.6	GRONDWATERSTAND METEN	24
3.7	VERWERKING VAN DE METINGEN	26
3.8	HOE GEGEVENS BIJHOUDEN EN DOORSTUREN NAAR HET IN?	29
4	Verklarende woordenlijst.....	32

Contactadres:

Instituut voor Natuurbehoud
Kliniekstraat 25, 1070 Brussel
tel: 02 / 558 18 11
fax: 02 / 558 18 05
e-mail : willy.huybrechts@instnat.be

1 Inleiding

Hydrologische monitoring in natuurgebieden betekent voornamelijk waterpeilen meten. Dit is op zich vrij eenvoudig, maar toch zijn er maar weinig natuurgebieden waarvan lange en regelmatige meetreeksen beschikbaar zijn. De subsidieregeling voor de monitoring rapporten die in het uitvoeringsbesluit op het natuurdecreet werd uitgewerkt brengt daar nu snel verandering in. De laatste jaren neemt de informatie over het grondwater in natuurgebieden sterk toe.

Grondwaterpeilmetingen leveren echter pas nuttige informatie op als er regelmatig, langdurig en nauwkeurig gemeten wordt. We denken hierbij al gauw aan 10 jaar en langer. Die volgehouden inspanning vormt een soort van “levensverzekering” voor het reservaat. Immers, waterpeilen veranderen in de loop der tijden, en dit onder invloed van allerlei interne of externe factoren. Dat kan een gewijzigd onderhoud van drainagekanalen of rivieren zijn, maar ook grote grondwateronttrekking door drinkwatermaatschappijen, landbouw of industrie. Veranderingen kunnen ook het gevolg zijn van weersomstandigheden. Peilveranderingen onder invloed van dergelijke gewijzigde ruimingregimes of onttrekkingen zijn alleen op een objectieve manier vast te stellen met behulp van lange, regelmatige meetreeksen. Omdat de vegetatie enigszins naijlt op de veranderingen in de waterhuishouding kunnen problemen opgemerkt worden, nog voor de effecten op de vegetatie zichtbaar zijn.

Het doel van deze brochure is in de eerste plaats een aantal richtlijnen en tips mee te geven voor het plaatsen, onderhouden en opmeten van peilbuizen en piëzometers.

Leeswijzer

Theorie

In het eerste deel worden een aantal basisbegrippen van de hydrologie en eco-hydrologie besproken. Met deze informatie in het achterhoofd zou het kunnen helpen om in het veld, tijdens het plannen en het plaatsen van de meetpunten, de juiste beslissingen te nemen.

Praktijk

In het tweede deel wordt uitgelegd hoe je bij het plaatsen van een piëzometer of een peilbuis best tewerk gaat.

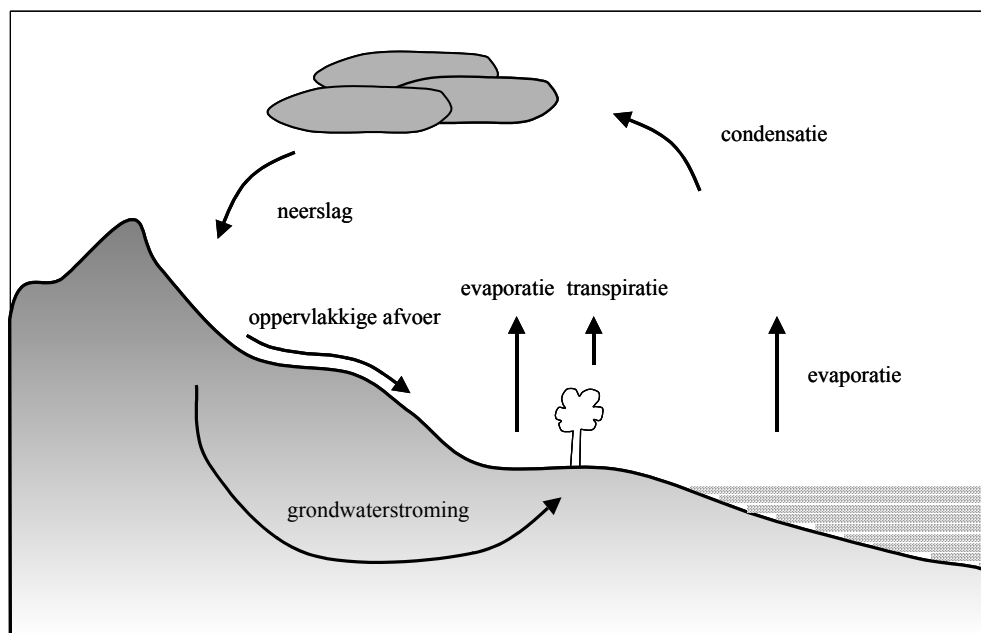
In de **grijze kaderstukjes** staat hier en daar wat meer achtergrond informatie

2 Basisbegrippen van de hydrologie en eco-hydrologie

Het doel van dit eerder theoretische deel is een beknopt overzicht te geven van een aantal (eco-) hydrologische termen en de belangrijkste processen voor het waterbeheer in natuurgebieden. Veel termen die in het tweede praktische deel gebruikt worden, worden ook hier besproken.

2.1 Hydrologische cyclus

De hoeveelheid water op aarde bedraagt ongeveer 1,4 Miljard km³. Minder dan 1% daarvan is aanwezig als grondwater, al de rest is oceaanwater en ijs. Het grootste deel van dit grondwater is immobiel, slechts 10% is langzaam in beweging en maakt deel uit van de hydrologische cyclus. Op jaarbasis valt ongeveer 120.000 km³ regenwater op het land. Ongeveer 60% daarvan komt door verdamping terug in de atmosfeer, de overige 40% (zo'n 50.000 km³/jaar) stroomt via rivieren en via de ondergrond naar de oceanen.



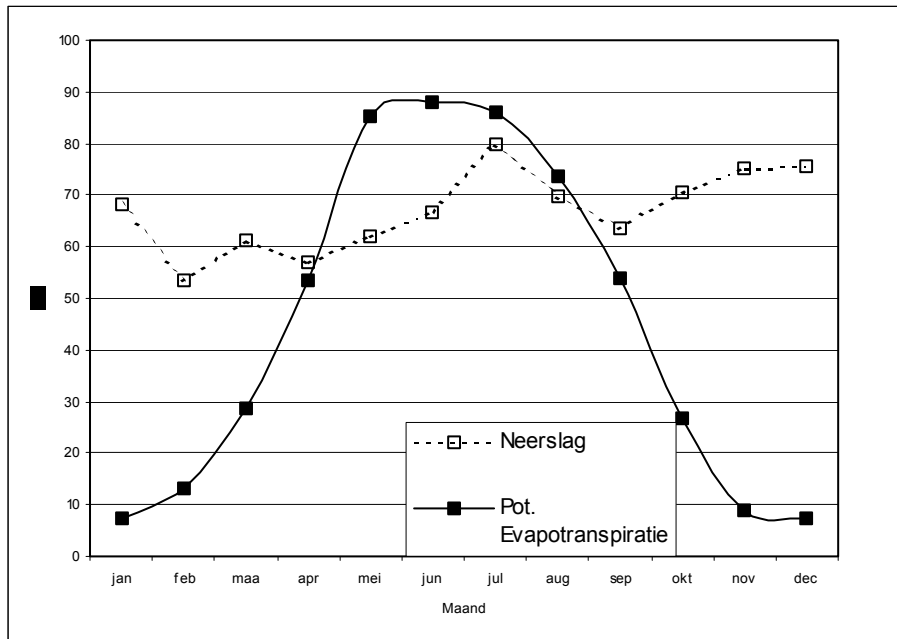
Figuur 1: Hydrologische kringloop van het water.

In België bedraagt de gemiddelde jaarlijkse neerslag 780 mm (of anders uitgedrukt: 780 liter / m²)¹. Een gedeelte van de neerslag wordt onmiddellijk oppervlakkig afgevoerd via grachten en rivieren. Dit deel is de *run-off*. Een ander groot deel van de neerslag verdampst en verdwijnt terug in de atmosfeer. De som van de verdamping van bodem en wateroppervlakken (*evaporatie*) en de verdamping van vegetatie (*transpiratie*) noemt men *evapotranspiratie*. Het verschil tussen de werkelijke neerslag en de evapotranspiratie is het *neerslagoverschot*. Wat niet oppervlakkig afstroomt of verdampst, kan verder infiltreren en het voedt het grondwater. De grootte van deze variabelen verschilt erg in tijd en is afhankelijk van de helling, het bodemtype, de begroeiing, het landgebruik, etc... Als vuistregel wordt aangenomen dat de grondwatervoeding er in onze streken gemiddelde 300 mm per jaar bedraagt.

De hoeveelheid neerslag is in onze streken vrij constant in de loop van het jaar. De evapotranspiratie daarentegen neemt sterk toe in de zomer en is vrijwel nihil in de winter. De

¹ 1 liter / m² komt overeen met 0.001 m³/m² = 0.001 m, ofwel 1mm. 1 liter neerslag komt dus overeen met 1mm neerslag. Ook infiltratie, evapotranspiratie en dergelijke worden steeds in millimeter uitgedrukt.

voeding van het grondwater vindt dan ook vooral plaats in de winter. Het neerslagoverschot is het verschil tussen neerslag en de *potentiële evapotranspiratie*. Figuur 2 toont het verloop van de neerslag en evapotranspiratie voor het jaar 1999 in Ukkel.



Figuur 2: Neerslag en potentiële evapotranspiratie voor het jaar 1999 (bron KMI).

2.2 Grondwaterstroming

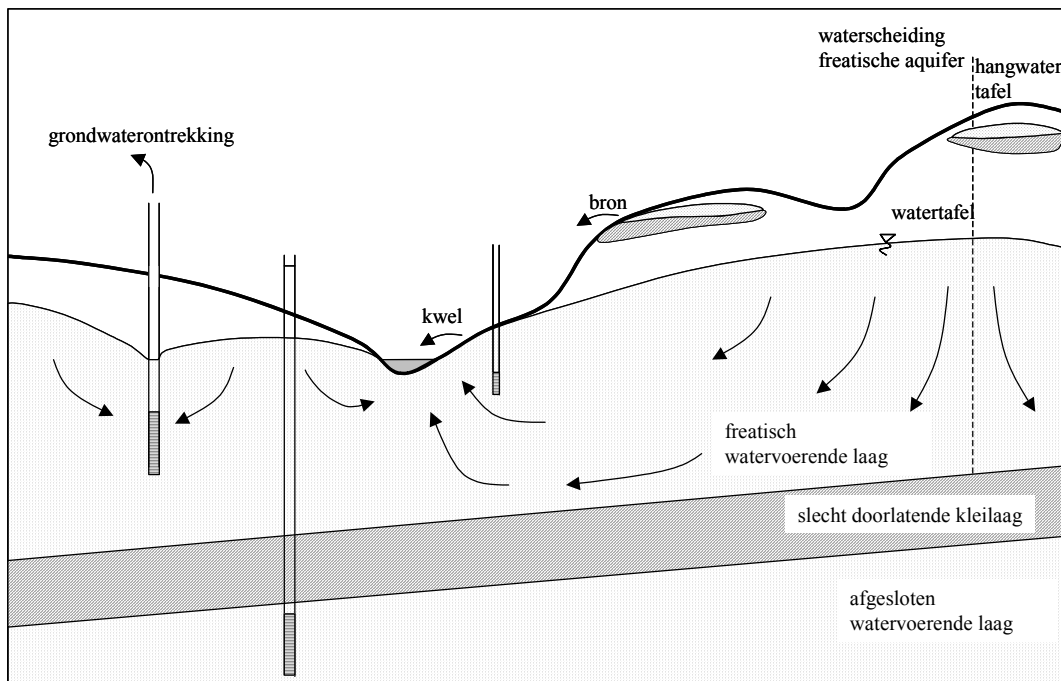
Wanneer een waterpartikel infiltreert in de bodem, sijpelt het naar beneden tot aan de verzadigde zone of de grondwatertafel. Van hieruit start het zijn weg in de grondwaterstroming. Het traject van het partikel hangt af van de plaats waar het infiltreert en de structuur van de ondergrond. In Figuur 3 wordt een schematisch overzicht gegeven van enkele mogelijke grondwatersystemen.

Een *aquifer* of watervoerende laag is een hydrogeologische eenheid die grondwater makkelijk doorlaat, b.v. zand. Een kleilaag bevat wel grondwater, maar de poriën zijn zo klein dat het water vrijwel niet kan bewegen. De belangrijkste kenmerken van een aquifer zijn de doorlatendheid (m/dag) en de dikte. De doorlatendheid van een aquifer wordt in grote mate bepaald door korrelgrootte van de afzetting (zandig, kleiig, krijt) en kan qua grootte orde enorm variëren. Bijgevolg is ook de snelheid waarmee het grondwater zich verplaatst erg verschillend. Tabel 1 geeft de grootte orde van de permeabiliteit in functie van de korrelgrootte en in Tabel 2 staan een aantal typische permeabiliteitswaarden van de belangrijkste aquifers.

De tijd waarin grondwater een bepaalde geologische laag verticaal doorstroomd wordt soms ook uitgedrukt als *transmissiviteit*, dat is de doorlatendheid vermenigvuldigd met de dikte van de aquifer.

Indien het water niet wordt weggepompt zal het op een natuurlijke wijze weer aan de oppervlakte komen in bronnen, kwelgebieden, meren, rivieren of rechtstreeks in de zee. In Figuur 3 worden de meest typische grondwatersystemen weergegeven.

Aquifers die in direct contact staan met het landoppervlak zijn *freatisch*. De meeste piëzometers in natuurgebieden zijn dergelijke freatische lagen geboord. Aquifers die onder een slecht doorlatende laag (*aquitard*) voorkomen worden spanningslagen genoemd. Wanneer de druk in zulke aquifer groter is dan deze ter hoogte van het maaiveld noemt men dit een *artesische laag*.



Figuur 3: Schema van grondwaterstroming in een vallei met 2 aquifers gescheiden door een slecht doorlatende laag.

De meest fundamentele wet voor grondwaterstroming is de *wet van Darcy*. Met de formule van Darcy kan men berekenen hoe snel het grondwater stroomt.

$$q = \frac{-K\Delta h}{l}$$

q : is de Darcy snelheid (m/dag)

K : is de doorlatendheid (m/dag)

Δh : het stijghoogteverschil (m)

l : de afstand (m)

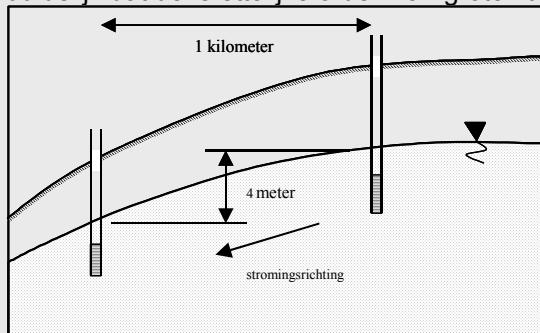
Stel nu een aquifer met een conductiviteit van 12 m/dag (b.v. de Formatie van Diest). Stel dat het peilverschil tussen de twee piëzometers 4m bedraagt en ze 1km van elkaar verwijderd staan, dan is de berekening als volgt:

$$\frac{12m/d * 4m}{1000m} = 0.048m/d$$

Het grondwater kan zich enkel verplaatsen in de poriën tussen de korrels door. Omdat de wet van Darcy hiermee geen rekening houdt, moet hiervoor een omrekening uitgevoerd worden. Voor een porositeit van 0.3 wordt de werkelijke stroomsnelheid veel hoger, namelijk:

$$\frac{0.048m/d}{0.3} = 0.16m/d \sim 60 \text{ jaar}$$

Deze eenvoudige berekening toont aan dat grondwater, zelfs in een vrij goed doorlatende aquifer, zeer traag stroomt. In tabel 1 worden een aantal typische doorlatendheden weergegeven. Het is duidelijk dat deze ettelijke orden van grote kunnen verschillen.



Figuur 4: Grondwaterstroming , wet van Darcy

Tabel 1: Enkele indicatieve waarden van doorlatendheid in de ondergrond.

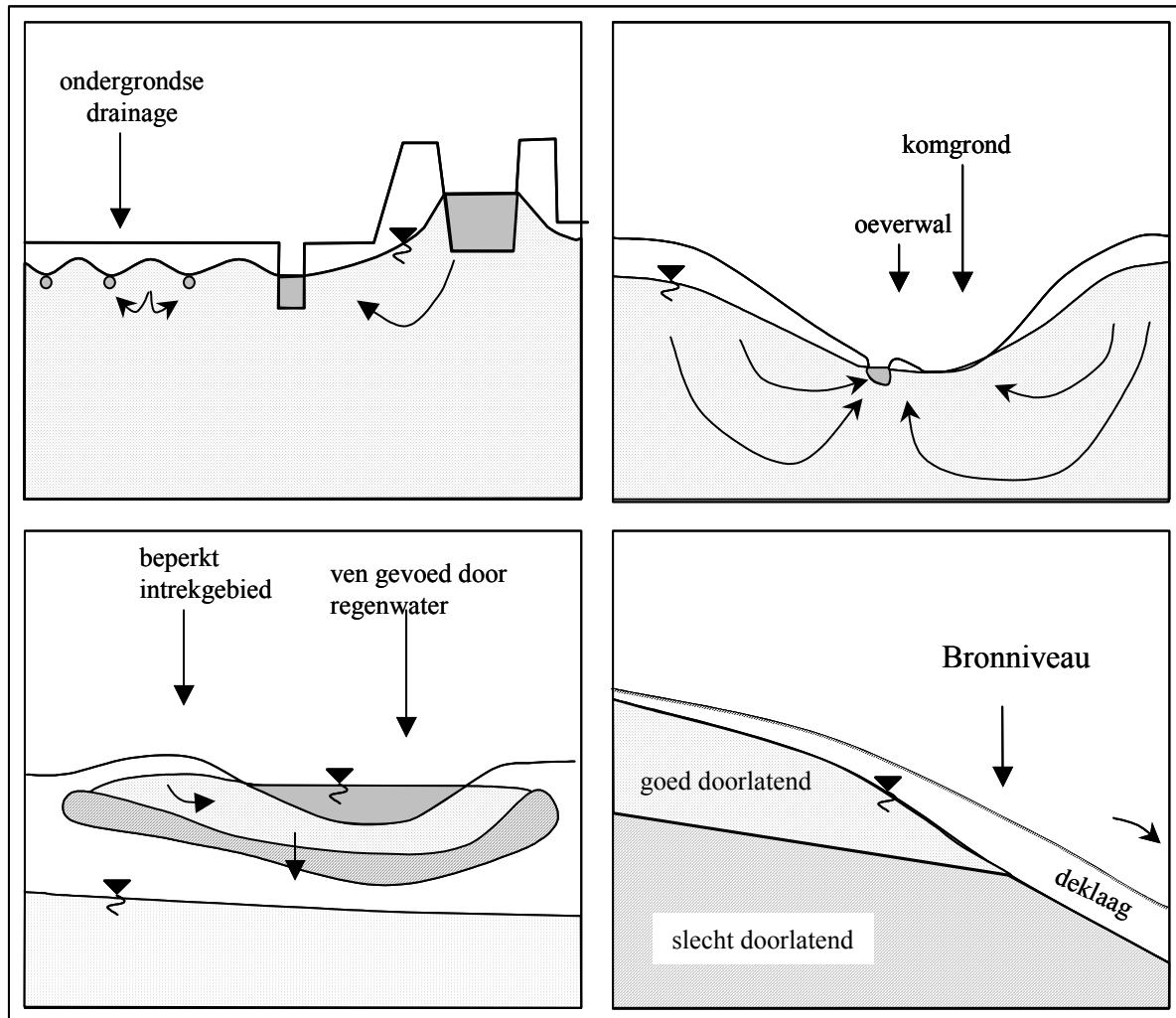
Type materiaal	doorlatendheid (m/dag)
Grind	250
Zand	12
Leem	0.08
Klei	0.0002
Duinzand	20
Loess	0.08

Tabel 2: De doorlatendheden van enkele aquifers in Vlaanderen (Bronders & De Smedt, 1991).

Grondwaterlaag	doorlatendheid (m/dag)
Kwartaire deklagen	18
Formaties van Bolderberg en Diest	10.8
Formatie van Brussel	7.7
Formaties van Lede en Panisel	3.9

2.3 Enkele grondwatersystemen

Het is niet mogelijk alle voorkomende grondwatersystemen in een overzichtelijk schema weer te geven. Elk gebied heeft eigen karakteristieken en veelal is de hydrogeologische structuur in natuurgebieden net extra complex en moeilijk te achterhalen. In Figuur 4 worden een aantal sterk geschematiseerde grondwatersystemen weergegeven. De waterhuishouding in elk van deze gebieden is erg verschillend, de hydrologische monitoring moet dan ook steeds anders aangepakt worden.



Figuur 4: Enkele grondwatersystemen en het uittreden van grondwater

Polders

In polders zouden vele landbouwpercelen, zonder kunstmatige drainage, grote delen van het jaar te nat zijn om op te verbouwen. Daarom worden erg veel percelen gedraineerd. Drainage reguleert de hoogste grondwaterstanden. De drainage kan bestaan uit een open grachtensysteem of uit een ondergronds buizenstelsel ongeveer 1,5m onder het maaiveld. De uiteinden van deze buizen kan men zien in de oeverwanden van de grachten langs de percelen.

Vallei met kwelgebied - oeverwal komgrond

In valleigebieden waar veel grondwater samenkomt ontstaat er stuwings van het grondwater naar boven. Het grondwater treedt uit en kwelzones ontstaan. Het water stroomt oppervlakkig af, meestal naar een nabijgelegen grachtenstelsel. Omdat de bodem in een kwelgebied het hele jaar door nat blijft wordt het aanwezige organisch materiaal slechts weinig afgebroken wordt er een veenlaag gevormd.

Vennen

De aanwezigheid van lokale ondoorlatende lagen hindert de diepere infiltratie van regenwater. Een lokale grondwaterbel vormt zich los van de regionale grondwatertafel. Dit geeft aanleiding tot een ven dat gevoed wordt door regenwater en een beperkt infiltratiegebied.

Bronniveau op een helling

Een kleipakket houdt het grondwater tegen en een grondwaterlaag ontwikkelt zich in de bovenliggende aquifer. Daar waar de top van het kleipakket dagzoomt heeft men meestal een bronniveau. Er kunnen zo verschillende bronniveaus onder elkaar voorkomen. Hoe dikker de deklaag hoe diffuser de bron.

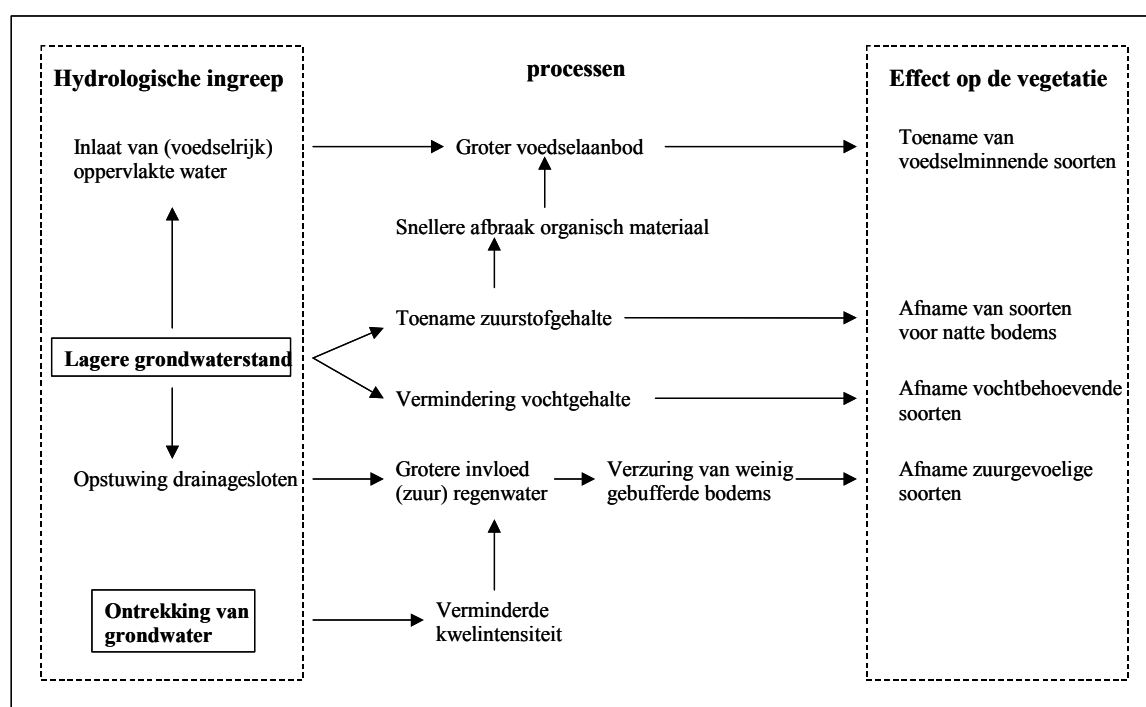
2.4 Verdroging

2.4.1 Wat is verdroging?

Verdroging is een verminderde waterinhoud van watervoerende lagen of in de bodem als gevolg van een *menselijk ingrijpen*. Dit uit zich niet alleen door een daling van de gemiddelde grondwaterstand of de kwelintensiteit, maar ook in veranderingen van de chemische samenstelling van het grondwater en bodemwater. Bij verdrogingsverschijnselen worden ook de negatieve effecten gerekend, die ontstaan bij het inlaten van gebiedsvreemd oppervlaktewater met de bedoeling de verdroging in een natuurgebied tegen te gaan. Veranderingen in de waterhuishouding veroorzaakt door het klimaat maken deel uit van een natuurlijke dynamiek. Hoewel uitzonderlijke weersomstandigheden zoals droge zomers ook een verlaging van de watertafel kunnen veroorzaken, beschouwt men die niet als een deel de *verdrogingsproblematiek*. Het is wel niet altijd eenvoudig om beide van elkaar te scheiden.

Voor de verdrogingsverschijnselen op het niveau van de vegetatie spreekt men van *standplaatsverdroging*. De standplaatsverdroging is een complexe keten van hydrologische, bodemkundige en ecologische processen waarbij de aard en de beschikbaarheid van vocht en voedingstoffen veranderen. In Figuur 5 worden enkele van deze processen sterk vereenvoudigd in een schema weergegeven.

In een natte standplaats neemt door een verlaging van de grondwaterstand de beschikbaarheid van water af. Voor soorten die aangepast zijn aan natte omstandigheden, kan dit tot watergebrek leiden. Veel belangrijker is meestal de toegenomen doorluchting van de bodem. Hierdoor mineraliseert het organisch materiaal sneller en neemt het aanbod aan nutriënten in de bodem toe. Voedselminnende soorten profiteren hiervan waardoor de vegetatie verrijgt.



Figuur 5: Schematisch overzicht van de processen bij verdroging.

2.4.2 De belangrijkste oorzaken van verdroging

- Intensieve ontwatering en afwatering in landelijke gebieden.
- Verminderde infiltratie. Riolerings en verharde oppervlakken voeren het regenwater water snel af via de oppervlakte wateren. Infiltratie naar de diepere ondergrond en het grondwater is sterk afgenomen.
- Onttrekking van grondwater door grondwaterwinning (grootschalig voor drinkwatervoorziening of industrieel gebruik en ook kleinschalig voor o.a. beregening van gewassen).
- Intensivering van de landbouw. Toename in gewasproductie leidt tot verhoogde gewasverdamping en nood aan beregening.

2.4.3 De verdroging in kaart brengen

De verdroging werd nog niet gebiedsdekkend in kaart gebracht. In de Milieu-Natuurrapporten (1996, 1998, 1999, 2000) wordt aan deze problematiek steeds een apart hoofdstuk gewijd. Knelpunt bij de beschrijving van verdroging is het gebrek aan een referentiesituatie en historische grondwaterstandgegevens.

Positief is de start van een aantal projecten m.b.t. tot monitoring in natuurgebieden en de subsidieregeling voor de monitoring in natuurgebieden, vastgelegd in het uitvoeringsbesluit op het decreet op het natuurbehoud. Ook al is een gebiedsdekkend overzicht nog niet voorhanden, wanneer de meetinspanningen aanhouden zullen er over enkele jaren toch voor heel wat gebieden voldoende meetgegevens beschikbaar zijn om veranderingen in het grondwaterregime te signaleren.

2.4.4 Maatregelen tegen verdroging

Opstuwen / conservering / actief peilbeheer

Opstuwen verhindert dat het grondwater uittreedt en naar het oppervlaktewater afstroomt. Dit kan door het bodempeil van de waterlopen op te hogen, het nauwkeurig controleren van het waterpeil in de waterlopen (actief peilbeheer), plaatsen van stuwen, vergroten van de weerstand of meandering. In **infiltratiegebieden** wordt het hemelwater langer vastgehouden en kan een groter deel van het water naar de diepere ondergrond infiltreren. In **kwelgebieden** kan een stuwing ervoor zorgen dat het grondwater langer in de bodem blijft en minder snel als oppervlaktewater afgevoerd wordt. Een te sterke stuwing kan in kwelgebieden de aanwezige kwelstroom echter wegdrücken ten voordele van stagnerend hemelwater. Daardoor wordt het oorspronkelijk watertype (mineraalrijk en neutrale zuurtegraad) vervangen worden door mineraalarm en zuur neerslagwater. In weinig gebufferde bodem zoals zandbodems kan dit tot gevolg hebben dat zuurgevoelige soorten verdwijnen. De belangrijke drainagegrachten blijven daarom best behouden, zodat het regenwater tijdig afgevoerd kan worden.

Inlaat gebiedsvreemd water

Als remedie tegen de verdroging kan gebiedsvreemd oppervlaktewater worden aangevoerd. De concentratie aan nutriënten (en eventueel pollutanten) in oppervlaktewater is in veel gevallen hoger dan van het gebiedseigen water. Het waterpeil blijft dan wel behouden, maar door het grote voedselaanbod kan de verruiging niet tegengehouden worden.

Waterberging

Een verhoging van de berging van het oppervlaktewater kan aangewend worden om de laagste waterstanden gedurende de zomer te compenseren.

Afgraven

In enkele gevallen kan overwogen worden het maaiveld af te graven. Wanneer de verdroging irreversibel is of tot sterke eutrofiëring leidt kan als aanvullende maatregel de organische toplaag verwijderd worden.

2.5 Hydrogeologische codering

De geologische afzettingen in Vlaanderen hellen bijna allen naar het noorden. De dagzomende formaties in het zuiden zijn daardoor ouder dan die in het noorden. De hydrogeologische structuur van de ondergrond is een erg complex systeem van aquifers en aquitards. Veel lagen zijn onderbroken, wigen uit of worden door diepe valleien doorsneden.

Op initiatief van de Afdeling Water werd recent een nieuwe indeling van de ondergrond uitgewerkt, de HCOV codering. Deze codering deelt de ondergrond in op basis van de hydrologische eigenschappen van de geologische lagen. Het is een hiërarchisch systeem waardoor deze code gebruikt kan worden voor studies op grote en op kleine schaal.

De code bestaat uit drie niveaus:

- De **hoofdeenheid** deelt de ondergrond in 13 grote hydrogeologische eenheden op (Tabel 3). De volgorde van de codering is van boven naar onder. De recentste quartaire afzettingen krijgen code 1, de oudere lagen een hoger nummer. De meeste van deze lagen komen wel in heel Vlaanderen voor, maar soms op zeer grote diepte. Er worden aquifersystemen en aquitardsystemen onderscheiden, zo'n systemen zijn groepen van afzettingen die boven elkaar liggen en min of meer gelijke hydrologische eigenschappen bezitten.
- Met de **subeenheid** worden deze grote eenheden verder onderverdeeld naar regionaal aaneengesloten aquifers.
- De **basiseenheid** wordt gebruikt worden om lokale situaties te beschrijven.

Tabel 3: Hoofdeenheden van de HCOV code.

Code	Hoofdeenheid	Doorlatendheid (goed, matig, slecht)
0000	Onbepaald	
0100	Quartair aquifersysteem	Goed doorlatend
0200	Kempens aquifersysteem	Goed doorlatend
0300	Boom aquitard	Zeer slecht doorlatend
0400	Oligoceen aquifersysteem	Goed doorlatend
0500	Bartoon aquitardsysteem	Slecht doorlatend
0600	Ledo - Paniseliaan - Brusseliaan	Goed doorlatend
0700	Paniseliaan aquifersysteem	Matig doorlatend
0800	Ieperiaan aquifer	Matig doorlatend
0900	Ieperiaan aquitardsysteem	Slecht doorlatend
1000	Paleoceen aquifersysteem	Goed doorlatend
1100	Krijt aquifersysteem	Goed doorlatend
1200	Jura - Trias - Perm	-
1300	Sokkel	-

2.6 Grondwaterdatabanken in Vlaanderen

Er zijn verschillende instellingen die grondwatergegevens verzamelen, elk vanuit haar eigen opdracht en doelstellingen

Grondwaterdatabank Afdeling water

De afdeling water van AMINAL beheert een database met grondwatergegevens over de diepere ondergrond. Een groot deel van deze database bestaat uit de metingen van het primair grondwatermeetnet dat momenteel uit zo'n 400 meetpunten bestaat.

WATINA

Het Instituut voor Natuurbehoud verzameld zoveel mogelijk grondwaterstandgegevens uit natuurgebieden. Naast eigen metingen betreft het gegevens van tijdelijke studies en langdurige monitoring programma's binnen de sector leefmilieu en natuur. Sinds meerdere jaren worden eveneens de grondwaterstandgegevens van terreinbeherende natuurverenigingen door het instituut verwerkt, zij vormen vaak een onderdeel van monitoring programma's van de verenigingen. Dankzij deze volgehouden inspanning omvat de WATINA databank nu grondwatergegevens van zo'n 170 natuurgebieden.

DOV (Databank Ondergrond Vlaanderen)

DOV is een samenwerkingsverband tussen verschillende overheidsinstellingen (AMINAL - Afdeling Water, Departement economie – Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie, en departement LIN, Afdeling geotechniek). DOV heeft als doel zoveel mogelijk gegevens met betrekking tot de ondergrond in Vlaanderen samen te voegen in één enkele databank. Dit omvat o.a. de geologische ondergrond, grondwatervergunningen, maar ook grondwaterpeilen. Ook de publieke gegevens uit de WATINA databank worden erin opgenomen.

De databank is voor iedereen toegankelijk. Je kan ze bereiken op de website **<http://dov.vlaanderen.be>**

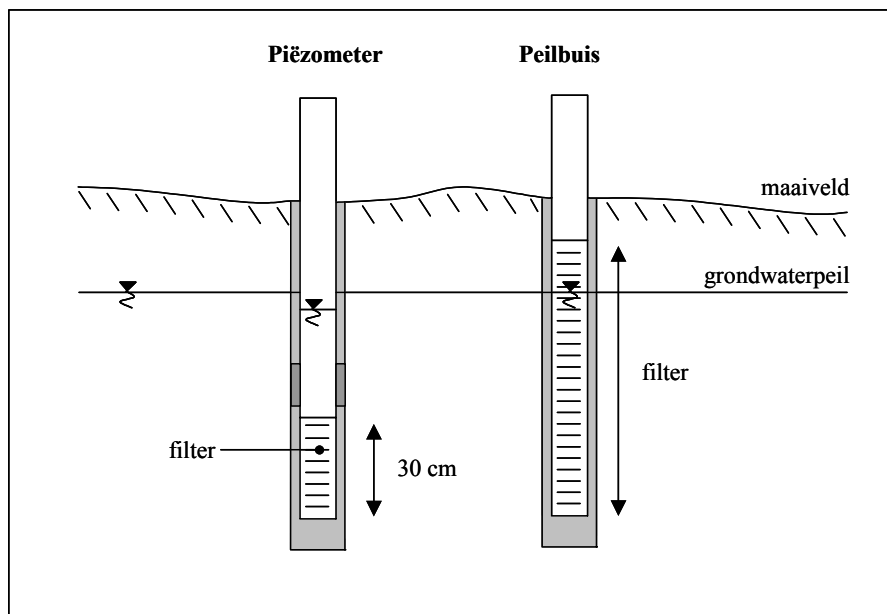
3 Plaatsen van piëzometers praktisch

Dit hoofdstuk gefocust op het plaatsen van ondiepe piëzometers zoals dit doorgaans in natuurgebieden wordt uitgevoerd. Het plaatsen van diepe piëzometers voor het opvolgen van de grondwaterstromen in regionale aquifers komt in deze brochure niet aan bod.

3.1 Peilbuis of piëzometer?

Er bestaat heel wat verwarring over het verschil tussen peilbuizen en piëzometers. In feite worden veel piëzometers verkeerdelijk peilbuizen genoemd.

Piëzometers en peilbuizen staan in contact met het grondwater d.m.v. een geperforeerde wand, de filter. Het grondwater stroomt door de filter waardoor de kenmerken van dit grondwater meetbaar worden. Het verschil tussen beide zit hem in de lengte van die filter (Figuur 6). Bij een peilbuis is over de hele lengte contact tussen het instrument en het omringende grondwater. Het waterpeil in de buis komt daardoor perfect overeen met de grondwaterstand. In een piëzometer is de filter korter en is er slechts een beperkt contact met de ondergrond. Het peil in de buis komt overeen met de druk ter hoogte van de filter en die kan verschillen van het grondwaterpeil. Men spreekt hier over de stijghoogte of drukhoogte. De stijghoogte is de resultante van de hydraulische druk die ter hoogte van de filter in de ondergrond heerst. De stijghoogte kan hoger, gelijk of lager zijn dan de grondwaterstand.



Figuur 6: Schema van een piëzometer (links) en een peilbuis (rechts)

De keuze voor het plaatsen van peilbuizen dan wel piëzometers wordt bepaald door de meetdoelstelling. In vochtige en natte gebieden is het grondwater vrij ondiep, bij ondiepe piëzometers is de stijghoogte vrijwel gelijk aan de grondwaterstand. Piëzometers zijn beter geschikt voor het nemen van grondwaterstalen. De lengte van de filter is beperkt waardoor er minder regenwater in de buis kan sijpelen en de waterstalen beter de samenstelling van het grondwater weergeven. Piëzometerkasten (zie verder) laten toe na te gaan of er een opwaartse of neerwaartse hydraulische gradiënt heerst.

3.2 Benodigdheden

Hieronder staat een lijstje met de belangrijkste benodigdheden voor het plaatsen van een piëzometer. In Figuur 7 worden de verschillende onderdelen van zo'n piëzometer weergegeven.

Piëzometer

- PVC - buis met diameter van, bij voorkeur 5 cm².
- Filter: 30 - 40 cm
- Afsluitdop onderaan
- Schroefdop voor bovenaan
- Filtergrind (aanbevolen)
- Bentoniet (zweklei, optioneel)
- Filterdoek om over het filtergedeelte te trekken
- Droge betonmengeling (optioneel)
- Boven of ondergrondse beschermkappen (optioneel)
- Koppelstukken voor PVC buizen.
- Plastiek sluiting (voor elektrische leidingen)

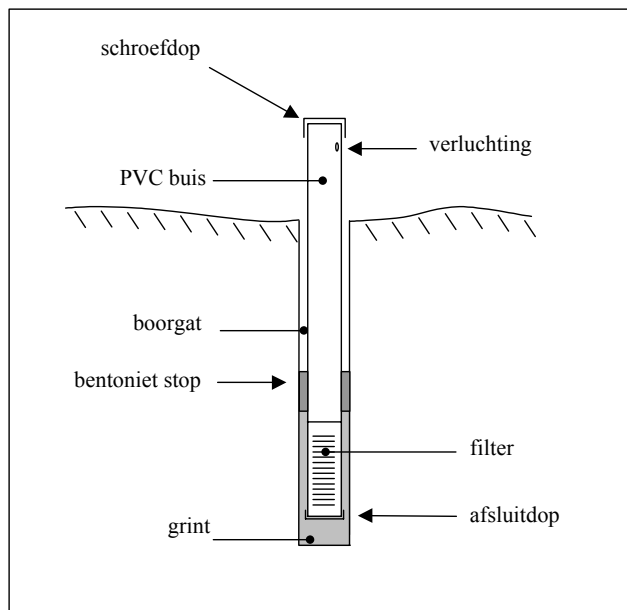
werkmateriaal

- Waterbestendige stift voor het aanbrengen van het buisnummer.
- IJzerzaag
- PVC - lijm
- Meetlint of meetlat
- Schuurpapiertje
- Schaar of mes

Boormateriaal

- **Boorset**
Ideaal is de *Edelmanboor* (diameter ca. 7 cm.), die is eenvoudig verlengbaar maar ook vrij kostelijk. Bij losse sedimenten is het soms nodig om een begeleidende boring uit te voeren, d.w.z. met verbuizing.
- **Verbuizing** + 2 klemmen
- **Pulsboor**
- **Guts**

² Grondwaterstalen worden idealiter met een dompelpomp genomen. Die dompelpomp past niet in buizen met een diameter kleiner dan 5cm.



Figuur 7: Onderdelen van een piëzometer.

3.3 Piëzometer klaarmaken

In de gespecialiseerde handel zijn alle onderdelen voor de bouw van een piëzometer voor handen. Het volstaat om de piëzometer volgens de instructies samen te stellen. Omwille van kostprijs en de beschikbaarheid van materiaal in standaard doe-het-zelf zaken kan men echter opteren voor een iets ambachtelijker type van piëzometer, dat evenwel even goed werkt. In de meeste gevallen kan je gebruik maken van eenvoudige PVC buizen. Enkel in verontreinigde bodems en wanneer gepland wordt om grondwaterstalen uit de piëzometer op deze stoffen te analyseren, is het aangewezen om zogenaamde HDPE buizen aan te schaffen. Deze zijn heel wat duurder, maar het materiaal is inert. D.w.z. dat het geen stoffen afgeeft waardoor bij vervuild bodem- of grondwater betrouwbare analyses worden bekomen.

De filter

In de handel vind je voorgefreesde filterelementen (kostprijs ca. € 4 / meter). Daar zaag je een stuk van een 30-40 cm af en je plakt het onderaan de PVC - buis door middel van een koppelstuk. Om extra stevigheid en lekken te vermijden kunnen de contactoppervlakken een beetje ruw gemaakt worden met een schuurpapiertje. Men kan nog een stap verder gaan en het filterdeel zelf maken door in een PVC buis gleufjes te zagen met behulp van een ijzerzaag. Dat doe je door dwars op de lengterichting van de buis, over de onderste 30 cm, spiraalsgewijs en om de centimeter een gleufje te zagen over 1/3 van de omtrek van de buis.

De afsluitdop onderaan

Het is belangrijk dat de buis onderaan (onder het filterdeel dus) goed afgesloten is. Zoniet zal de piëzometer geleidelijk dichtslibben met sediment. Het meest eenvoudige manier is een PVC - afsluitdop die met PVC - lijm wordt bevestigd.

De filterkous

Een filterkous is absoluut noodzakelijk om geleidelijk dichtslibben van de buis met sediment zoveel mogelijk te voorkomen. In de gespecialiseerde handel vindt men filterkousen met de juiste diameter, ze zijn verkrijgbaar op rollen van verschillende meters lengte. Een stukje

wordt op de juiste lengte gebracht, wordt onder de filter geknoopt en boven de filter vastgemaakt met een sluitriempje voor elektrische bedrading. In geval van nood kan een nylonkous de filterkous vervangen.

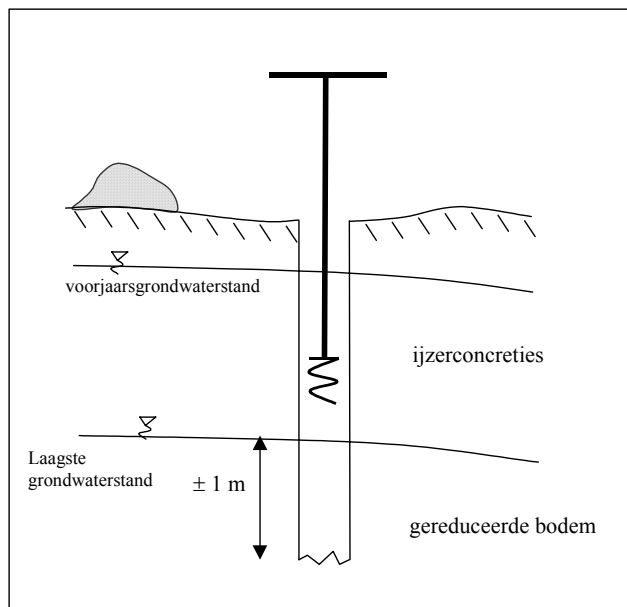
De afsluitdop bovenaan

Hiervoor neem je beste een schroefdop systeem dat eveneens in PVC te vinden is. Belangrijk is dat je net onder de dop een zeer klein gaatje boort of zaagt om de lucht vrij boven het wateroppervlak in de buis te laten bewegen. Zoniet krijg je over of onderdruk wanneer het peil in de buis schommelt en zal je niet het werkelijke waterpeil meten. De afsluitdop wordt best na het plaatsen vastgelijmd.

3.4 Het plaatsen

Het plaatsen van een piëzometer of peilbuis gebeurt best in de zomer, ideaal op het einde van augustus of september. De grondwaterstand is dan het laagst waardoor het boren eenvoudiger en sneller opschiet. Eens de verzadigde zone bereikt stort bij losse sedimenten het boorgat snel terug in en is het quasi onmogelijk om nog dieper te boren. Een verbuizing kan hier een oplossing bieden (zie verder). In de zomer kan ook beter ingeschat worden hoe diep de piëzometer moet worden geplaatst.

Het maken van een boorgat



Hiervoor gebruik je een grondboor. Er dient diep genoeg geboord te worden om er zeker van te zijn dat er in het droogste deel van de zomer (einde juli tot begin september) nog water in de piëzometer staat. Een maatstaf hiervoor kan de *reductiehorizont* zijn indien aanwezig. Waar de reductiehorizont begint krijgt de grond veelal een egale grijsblauwe tot blauwe kleur. Zolang je veel roestige vlekken (gley) ziet in het opgeboorde materiaal, zit je nog niet diep genoeg. Ze zijn een aanduiding dat er nog periodieke oxidatie optreedt en de bodem niet continu verzadigd is.

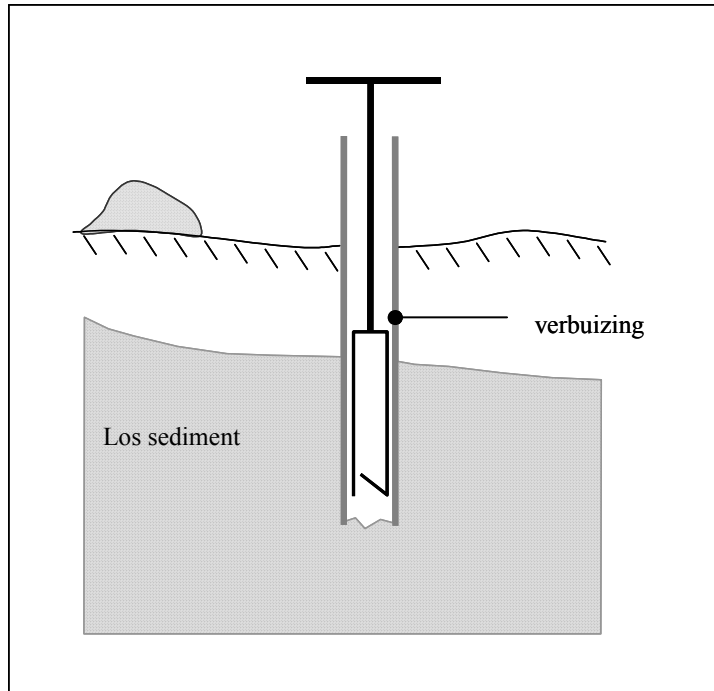
Figuur 8: Maken van een boorgat.

Je boort het gat tot ongeveer 1m onder de reductiehorizont, een niveau dat ongeveer overeen komt met het diepste peil van het grondwater in de zomer. In ieder geval dient het boorgat 1.50 meter diep te zijn. Ondieper geplaatste buizen zijn door hun beperkte verankering onbetrouwbaar.

Verbuizing

Wanneer het boorgat steeds weer instort, bv. in een zandige of grindige ondergrond wordt er gebruik gemaakt van een *verbuizing* (Figuur 9). Er wordt dan een geleidebuis geplaatst die het boorgat intact houdt en waar het materiaal onderaan van binnenuit weggehaald kan worden. Na het plaatsen van de piëzometer wordt de geleidebuis weggehaald.

Soms is het sediment zo los dat er met een gewone boor geen materiaal meer opgehaald wordt. Als alternatief kan dan een *pulsboor* een uitweg bieden. Een pulsboor is een lange buis met onderaan een afsluitklep. Door de boor regelmatig op en neer te bewegen wordt het sediment losgewoeld en in de buis verzameld en zo afgevoerd.



Figuur 9: Boring met behulp van een verbuizing en een pulsboor

Het boorverslag

Het is niet nodig een gedetailleerde geologische beschrijving van de boring te maken, maar het is wel belangrijk een aantal kenmerken van de ondergrond op te schrijven. Het kan later de metingen van de piëzometer helpen verklaren. De volgende kenmerken leveren erg nuttige informatie op:

- **Textuur:** grint / grof zand / fijn zand / leem / klei / zware klei / veen
- **Kleur:** Zwart – donker bruin – lichtbruin – groen – geel - ...
- Diepte van de **organische bodem**
- Diepte van de **grondwaterstand** tijdens de boring
- Diepte waar **gley** verschijnselen voorkomen en diepte waar de **reductiehorizont** begint
- Aanwezigheid van: **kalkconcreties**, harde **ijzer** of **mangaan** laagjes (veel in een spodosol bodem)

In de bijlage zit een voorbeeld van een fiche die gebruikt kan worden om tijdens het boren en plaatsen van de peilbuis alle gegevens in te vullen.

het plaatsen van een piëzometer.

Maak de buis vooraf klaar, soms loopt het boorgat immers snel dicht. Breng eerst een beetje grind in het boorgat. Steek daarna zo snel mogelijk de klaargemaakte buis in het boorgat en giet best wat fijne grind of kiezel rond de filter, dat voorkomt het dichtslibben van de piëzometer. Het zal later onderhoud aanzienlijk verminderen. Ideaal wordt boven het filtergrind *bentoniet* rond de buis gestort. Daardoor wordt de filter afgesloten van de rest van het boorgat en wordt de buis beter verankerd. De rest van het boorgat rond de buis wordt dichtgemaakt met het aangeboorde sediment. Zaag de piëzometer op de juiste lengte af en monteer daarna bovenste afsluitdop.

Zolang de buis nog niet vol water is gelopen wordt die als een dobber naar boven geduwd. Hou de buis enkele minuten tegen totdat de waterdruk binnen en buiten de buis gelijk is. . Zorg ervoor dat de piëzometer goed in de grond vastzit en niet gemakkelijk kan bewegen. Het heropvullen van het boorgat moet zorgvuldig gebeuren, zo niet zal de piëzometer later veel te gemakkelijk bewegen.

Afwerking

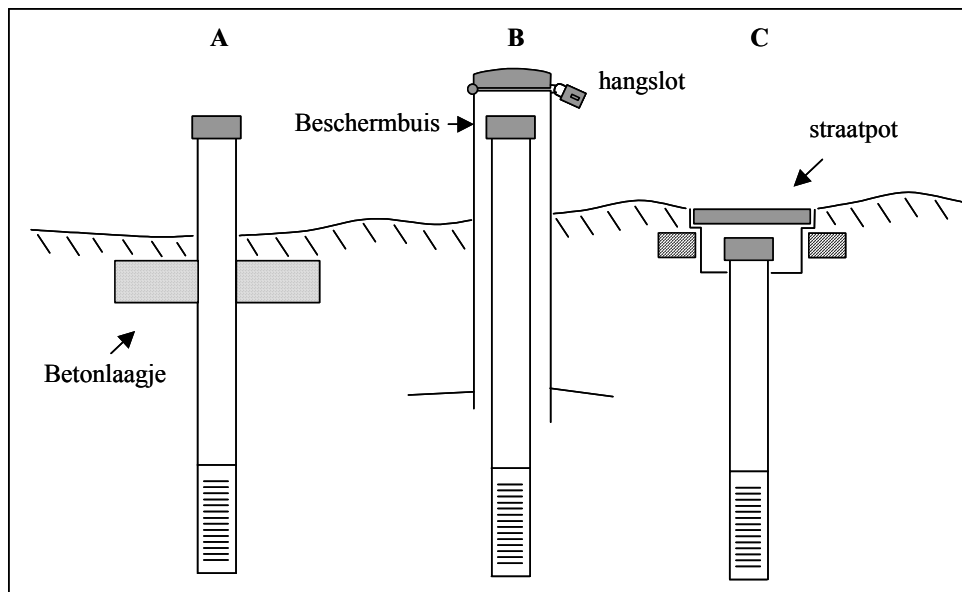
Ondergrondse afwerking. (Figuur 10 C) Als er vandalisme verwacht wordt of als de buis in het midden van een hooi- of een weiland komt te staan, kan je de buizen ook ondergronds afwerken, maar zorg dan voor een duidelijke aanduiding van het meetpunt en plaats er bijvoorbeeld een betonnen tegel op die gelijk met het maaiveld wordt afgewerkt. In de handel bestaan ook speciale straatpotten om buizen ondergronds af te werken en veilig af te sluiten. Houdt er rekening mee dat dit in zeer natte of regelmatig overstromende percelen niet aangewezen is.

Metalen beschermbuis. (Figuur 10 B) Bovengronds kunnen buizen beschermd worden door er een metalen huls overheen te slaan. In de handel zijn metalen kappen verkrijgbaar met een stevige verankering en afgesloten kunnen worden met een hangslot.

Hoogte. In kwelgebieden kan het water in de buis boven het maaiveld stijgen! Dit merk je niet altijd bij het plaatsen. Zorg daarom voor een voldoende hoge afwerking zodat de buis niet overloopt. Meestal zal de drukhoogte niet hoger zijn dan één meter boven het maaiveld. Loopt de buis toch over, dan kan je die achteraf makkelijk verhoogd worden. De nieuwe hoogte van het nulpunt moet dan wel nauwkeurig gemeten en doorgegeven worden.

Betonnen verankering. (Figuur 10 A) Om de verankering te verbeteren en waar de omgeving dit toelaat kan voor het boren een klein putje gemaakt worden met een spade. De boring wordt uitgevoerd in het putje en na heropvullen van het boorgat wordt het putje opgevuld met een droge betonmengeling. Na verharden zorgt dit voor verankering. Maak de buizen bij voorkeur minstens 1,5 m lang om voldoende verankering te voorzien.

Identificatie. Het is erg belangrijk nieuwe meetpunten van in het begin aan te duiden op een kaart en ze een eenduidige identificatie geven (zie ook § 3.9), zowel op de kaart als in het veld. Zelfs de beste permanente markers worden langzaam onzichtbaar. Controleer regelmatig of het cijfer nog leesbaar is en zet de code op de buis, niet op de stop.



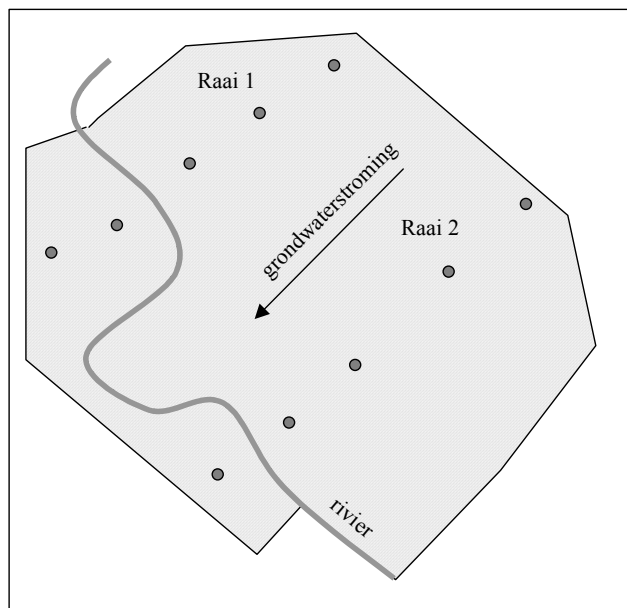
Figuur 10: Afwerking: betonnen verankering A; Metalen beschermbuis met hangslot B; Ondergronds met straatpot C.

3.5 Piëzometernetwerken

Het opvolgen van waterstanden in natuurgebieden gebeurt meestal aan de hand van een reeks piëzometers. De inplanting van de meetpunten moet weloverwogen gebeuren, en hangt af van de (eco-)hydrologische situatie en de doelstellingen van de monitoring, maar ook praktische overwegingen zoals toegankelijkheid spelen een rol.

Een regelmatig en gebiedsdekkend netwerk geeft een goed inzicht in de hydrologie van het gebied, maar vereist erg veel meetpunten. Concentreer de meetpunten op plaatsen met specifieke vragen of problemen. Men kan bijvoorbeeld het netwerk opbouwen rond de kwelgebieden of rekening houden met de verschillende vegetatietypen die in het gebied aanwezig zijn. Een ander aandachtspunt is de bedreiging van buiten het natuurgebied: rioleringen, vervuiling, waterwinningen, bouwwerken, etc...

Piëzometers kunnen gecombineerd worden met een peilschaal in de waterlopen om zo het verband te leggen tussen het waterpeil in de waterloop en het grondwaterpeil van de omliggende percelen. Peilschalen mogen natuurlijk de doorstroming niet hinderen en er is toelating van de waterloopbeheerders nodig! Indien een vast referentieniveau aanwezig is in of boven een waterloop (vb. een betonnen brug), dan kan ook met een meter het waterpeil opgemeten worden en is een peilschaal niet nodig.



In valleigebieden is het vaak verstandig de piëzometers in een raai te plaatsen (Figuur 11). Een raai loodrecht op de vallei geeft inzicht in de gradiënt van grondwaterstanden. Dit komt vaak goed overeen met de grondwaterstroming. Concentreer de meetpunten in vermoedelijke kwelzones, maar plaats minstens enkele meetpunten zo ver mogelijk aan de rand van het studiegebied en zo hoog mogelijk op de rand van de vallei. Let wel, in erg steile valleien zit het grondwater al snel te diep om nog met een handboring te bereiken. Plaats de piëzometers niet te dicht bij de waterlopen, maar minstens zo'n 5 meter van de oever verwijderd.

Figuur 11: Piëzometers in raaien.

In kwelgebieden worden soms diepe en ondiepe piëzometers naast elkaar geplaatst. Dit noemen we een *piëzometernest* of *piëzometerkoppel*. De vergelijking van gemeten stijghoogtes in diepe en ondiepe piëzometers geeft een indicatie over de verticale component van grondwaterstroming. Grondwater stroomt van grote stijghoogte naar een lagere. Een hogere stijghoogte in de diepe piëzometer wijst op kweldruk.

3.5.1 Praktische tips

- Plaats de buizen zo dat je ze makkelijk terugvindt, ook in de zomervegetatie. Zaag de buis daarom niet te laag boven de grond af (+/- 50cm).
- Goed zichtbare peilbuizen zijn echter wel makkelijk slachtoffer van vandalisme. Een verdekte opstelling heeft op dat vlak voordelen. Plaats in drukke gebieden eventueel een beschermbuis met een hangslot rond de piëzometer.
- Plaats niet te veel buizen zodat de meetinspanning kan worden volgehouden. Het is belangrijker om lange tijdreeksen te hebben dan veel meetpunten.
- Plaats de piëzometers zodanig dat ze vlot bereikbaar zijn (bijvoorbeeld langs een traject dat regelmatig wordt gevolgd) en waar ze geen verstoring veroorzaken (bijvoorbeeld tijdens het broedseizoen).
- Plaats de buizen zo dat ze niet hinderen bij de beheerswerkzaamheden (voornamelijk maaien). Het best aan de rand van een perceel, waar er niet gemaaid wordt, ofwel met een duidelijke aanduiding zoals een houten paal die zichtbaar boven de zomervegetatie uitkomt. Men kan de piëzometer ook onder een afsluiting plaatsen of ondergronds afwerken.

In het uitvoeringsbesluit op het natuurdecreet worden de volgende eisen gesteld aan de monitoring van waterpeilen:

- enkel in gebieden met bodems met een drainageklasse tussen “c” en “g” (volgens de bodemkaart van België).
- minimum 3 peilbuizen voor een gebied kleiner dan 10 ha.
- 1 peilbuis per 10 ha voor een gebied met een oppervlakte tussen de 10 & 100 ha met een minimum van 3 peilbuizen.
- 1 peilbuis per 20 ha voor alle grotere gebieden met een minimum van 10 peilbuizen.

3.5.2 Inmeten van de piëzometers

Het is belangrijk de piëzometers van in het begin goed te lokaliseren op een kaart. In de eerste plaats kan dit ten opzichte van kenmerkende punten in het landschap geschetst worden. Beter is de locatie in Belgische Lambert coördinaten te bepalen. Een grote nauwkeurigheid is enkel mogelijk met een theodoliet of een professionele GPS. Een goedkope GPS uit de handel kan de ligging van een meetpunt tot op ongeveer 10 meter nauwkeurig bepalen.

Het is ook aangewezen de hoogteligging van het meetpunt in te meten. Dit kan ten opzichte van een lokaal referentiepunt in de omgeving, maar ook hier is het beter ten opzichte van de algemene Belgische waterpassing te meten, TAW (Tweede Algemene Waterpassing). Dit laat toe de gemeten stijghoogte te vergelijken met meetpunten uit de omgeving en zo eventueel de patronen van de grondwaterstroming te bepalen. Bij twijfel over verticale positie veranderingen kan dan zo nodig een controle uitgevoerd worden.

3.5.3 Onderhoud

Dichtslibben

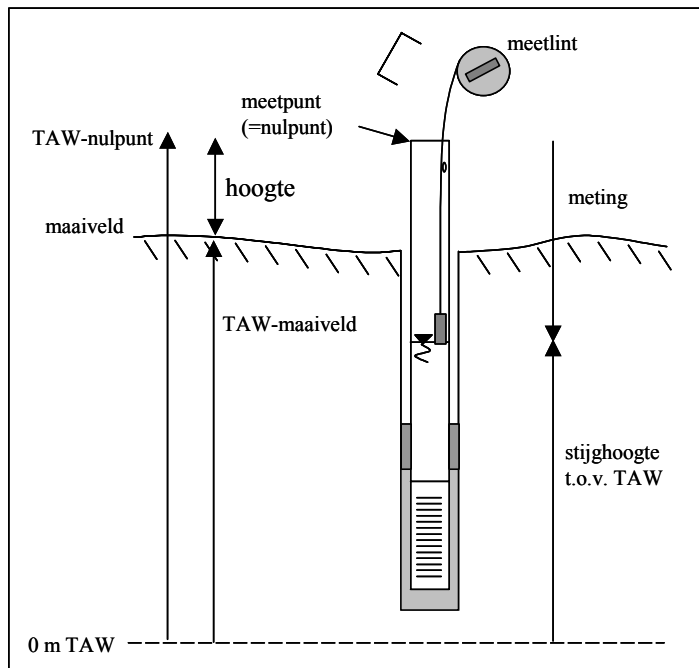
Piëzometers kunnen dichtslibben, al treedt dit probleem bij goede plaatsing niet zo snel op. Bij ernstige problemen kan de buis gereinigd worden met een (flessen)borstel en een pomp. Het voornaamste onderhoud bestaat er in om de verticale positie van de buis te controleren en om de buis snel te vervangen na beschadiging of uittrekken.

Opvriezen

Zoals hoger aangehaald is de verankering van de buis uiterst belangrijk. Ondanks de stabiele indruk die we van de bodem hebben, zijn de bovenste horizonten aan verticale bewegingen onderhevig. Vorstwerking en opzwellen van veenlagen zijn de twee meest voorkomende problemen. Wanneer een buis 's winters door water omgeven is, kan ze bij vorst vastvriezen aan een ijsplaat. Door zakken en stijgen van deze plaat kan de buis mee van positie veranderen. Ook het bevriezen van vochtige bodems kan met een verhoging van het maaiveld en dus van de buis gepaard gaan. Problemen worden vermeden door de sterk onderlopende plaatsen te vermijden (is niet altijd mogelijk) en door de buis voldoende diep te plaatsen en het boorgat goed op te vullen (bij voorkeur ook met bentoniet). Ook een uitwendige beschermkap (zowel bij onder- als bovengrondse afwerking) kan helpen omdat ze rechtstreeks contact van de buis met het maaiveld en de eerste decimeters van de bodem, die het meest aan de vorstwerking onderhevig zijn, belet. Controleer regelmatig de hoogte van de buis boven het maaiveld om onregelmatigheden te ontdekken.

3.6 Grondwaterstand meten.

De grondwaterstand wordt op terrein gemeten als de afstand tussen de bovenrand van de piëzometer (zonder dop) en het wateroppervlak in de piëzometer. Dat is de peilmeting. Omdat deze meting naar beneden gericht is wordt dit steeds met een negatief cijfer genoteerd. Komt bij een overstroming het peil boven het meetpunt, dan moet een positieve waarde genoteerd worden.



Een piëzometer kan, in periode van hevige vorst, letterlijk uit de grond vriezen. Best is een lijstje met de afstanden tussen de buisrand en het maaiveld mee in het veld te nemen bij het meten van de peilen, en bij twijfel een controlemeting uit te voeren. Noteer steeds wanneer er iets veranderde aan de positie van de piëzometer. Het opvolgen van de historiek van de piëzometer is zeer belangrijk voor latere interpretaties.

Figuur 12: Te meten waarden van een piëzometer

Het is aan te raden om in het veld enkel de peilmeting te noteren en nadien thuis de berekeningen uit te voeren; dit voorkomt fouten en wanneer er anomalieën worden vastgesteld is de oorzaak gemakkelijker op te sporen.

3.6.1 Wanneer en hoe frequent meten?

Eén maal per maand de waterstand meten is een absoluut minimum. In principe wordt er dan gemeten in de eerste week van elke maand. Veel beter is elke veertien dagen te meten, waarbij het aan te raden is om de meetintervallen ongeveer constant te houden. Dit kan door bijvoorbeeld telkens de eerste en vijftiende dag van elke maand te meten. Een andere mogelijkheid is elke twee weken op dezelfde dag te meten. Indien er verschillende mensen bij de metingen betrokken zijn om de meetinspanning te verdelen zijn goede afspraken nodig. Frequenter meten dan veertiendaags is veelal niet haalbaar op langere termijn. Ook hier geldt weer dat het belangrijker is de metingen gedurende lange tijd vol te houden, dan op korte tijd veel metingen uit te voeren. Met automatische meettoestellen kan de meetfrequentie naar believen worden ingesteld. Overdrijf daarbij niet en beperk tot 1 meting per dag. Bij hogere frequenties is de extra informatie heel beperkt en de hoeveelheid gegevens loopt snel op. Dit bemoeilijkt de opslag en verwerking.

3.6.2 meettoestellen

Het meest eenvoudig is het **“klok”-systeem**, waarbij op het einde van een rolmeter een cilinder hangt die bovenaan is afgesloten. Door de meter af te rollen tot het klokje het wateroppervlak raakt hoor je “klok”. Door op en neer te bewegen “hoor” je wanneer het klokje het wateroppervlak raakt. De meter moet vrij snel het wateroppervlak raken opdat het ‘klok’ geluid hoorbaar zou zijn. Laat daarom het lint net iets dieper zakken en hou je duim aan de rolmeter. Beweeg de meter op en neer en verminder elke keer de lengte van het lint (bv een halve centimeter), totdat het klokje het wateroppervlak net niet meer raakt. Voor ondiepe grondwaterstanden is deze methode mits wat ervaring zeer handig en betrouwbaar. Rolmeters van 5 of 10 meter met daarop de gemonteerde klokjes zijn in de handel verkrijgbaar. Het gebruik van zulke gestandaardiseerde apparaatjes (kostprijs ongeveer € 30) is aan te bevelen boven het gebruik van zelf gemaakte metertjes.

Peilmetingen kunnen ook met **elektrische watermeters**, bestaande uit twee stroomdraden verwerkt in een gegradeerde buis of een meetlint. De stroom wordt geregistreerd met een multimeter (Ω -meter), een lampje of een geluidssignaal. Wanneer de stroomdraden het wateroppervlak raken, slaat de meter uit, brandt het lampje of rinkelt het belletje. Ook hier beweeg je best de meter enkele keren op en neer tot je het niveau van het water min of meer ‘aanvoelt’. Om de uiteindelijke meting precies uit te voeren wordt algemeen aanvaard dat het meetlint langzaam omhoog gehaald wordt en afgelezen dient te worden op het punt dat de bieper stopt of het lichtje dooft. Deze toestellen kunnen eventueel zelf in elkaar geknutseld worden, maar zijn ook in de handel te koop. Een rolmeter van 5 of 10 meter zal meestal voldoen. Een rolmeter met geluidssignaal kost ongeveer € 150. In zeer mineraalarm grondwater, bijna regenwater, wordt onvoldoende stroom doorgelaten voor een licht- of een geluidssignaal. Een multimeter kan in die omstandigheden wél nog dienen.

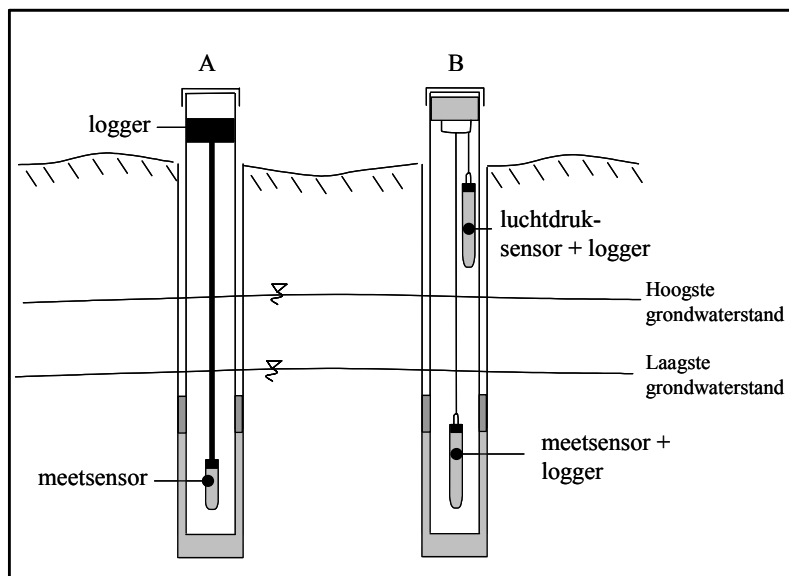
Druksensoren (Figuur 13) worden in de peilbuis onder de laagste grondwaterstand opgehangen en meten de druk van het water erboven. Deze druk wordt omgerekend in cm waterhoogte en in het geheugen van het toestel opgeslagen. De metingen worden automatisch uitgevoerd en het interval kan variëren van enkele seconden tot meerdere dagen. Deze toestellen bevatten geen bewegende delen en zijn daardoor vrij betrouwbaar. Het grote voordeel van druksensoren is dat ze maandenlang geheel autonoom metingen kunnen uitvoeren. Het grote nadeel van deze toestellen is hun hoge kostprijs (€ 750) en de nood aan een portable PC voor het uitlezen en verwerken van de metingen.

Omdat de druksensor een druk meet worden niet alleen de variaties in waterhoogte boven het toestel gemeten, maar ook de variaties in de luchtdruk. 1 millibar luchtdruk komt overeen met 1cm water. Om deze schommelingen te compenseren moeten de gegevens gecorrigeerd worden met metingen van een *luchtdrukcompensatie* meter. De luchtdruk is over een grote afstand vrij constant waardoor niet voor elke druksensor een aparte luchtdrukcompensatie meting nodig is. De aanbevolen maximum afstand tussen de druksensor en de luchtdrukcompensatie meting bedraagt 30 km.

Sommige druksensoren voorzien een darmpje dat de luchtdruk bovenaan de peilbuis meet en de luchtdrukcompensatie overbodig maakt (Figuur 13a). Dit darmpje mag dan wel nooit verstopt raken of vol water lopen.

Druksensoren meten ook de waterhoogte wanneer de peilbuis volledig onder water staat. Vooral in overstroombare gebieden is dit een groot voordeel op de manuele metingen. Voor ondiepe piëzometers waar eventuele kweldruk nooit boven het maaiveld komt kan een klein gaatje in de buis ter hoogte van het maaiveld ervoor zorgen dat de buis sneller volloopt bij overstromingen.

De druksensor meet geen absolute waterhoogte, maar relatieve verschillen; d.w.z. dat de metingen gecorrigeerd moeten worden. Wanneer de druksensor uitgelezen wordt moet daarom eerst een manuele meting uitgevoerd worden zodat de werkelijke grondwaterstand gekend is. Hou er rekening mee dat de druksensor een aanzienlijk volume heeft. Wanneer de druksensor geplaatst wordt moet de manuele meting gebeuren vóór de druksensor neergelaten wordt. Bij het bovenhalen van de sensor moet eerst de manuele meting uitgevoerd worden. Het is aangewezen tijdens de metingen van de druksensor toch enkele keren ter controle manueel te meten.



Omdat er uiterlijk aan een druksensor niets te zien is, zal een foutje in de instellingen van de druksensor pas opgemerkt worden bij het uitlezen van de druksensor. Het is best de instellingen enkele keren te controleren, zeker wanneer het de bedoeling is de druksensor enkele maanden te laten hangen.

Figuur 13: Automatische metingen met druksensoren.

3.7 Verwerking van de metingen

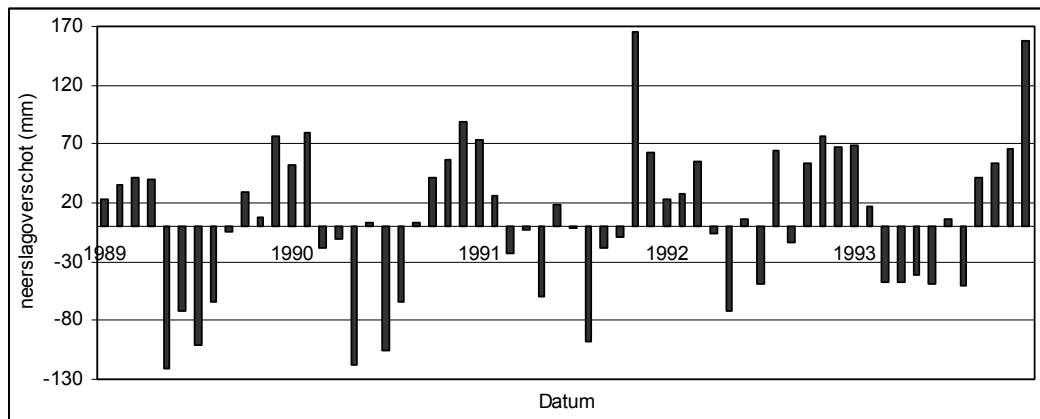
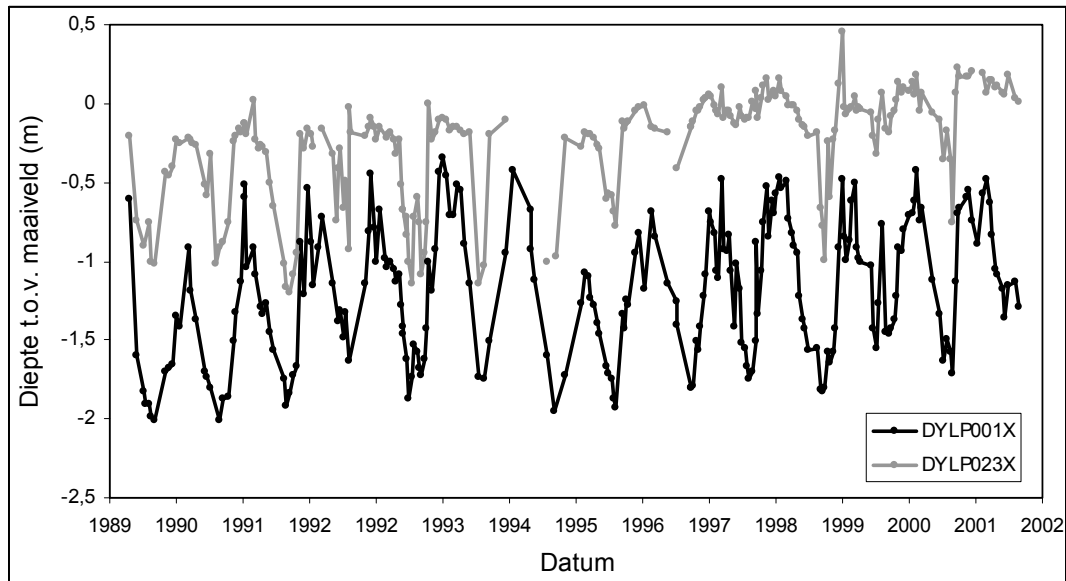
De metingen van de grondwaterdiepte t.o.v. het meetpunt of nulpunt zijn op zich niet bruikbaar. Eerst moet die diepte herkend worden naar een diepte t.o.v. het maaiveld en/of een grondwaterstand t.o.v. een referentieniveau, zoals b.v. TAW. Belangrijk is dat de afstand tussen de bovenrand van de piëzometer (zonder deksel) en het maaiveld gekend is ("hoogte" in Figuur 12). Als de piëzometer boven het maaiveld uitsteekt, dan moet die hoogte afgetrokken worden van de peilmeting, zo krijg je de stand van het grondwater ten opzichte van het maaiveld. Zit de bovenkant van de piëzometer onder het maaiveld (bij ondergrondse afwerking), dan moet de afstand tussen de top van de piëzometer en het maaiveld bij de peilmeting worden opgeteld. Voor de berekening van de grondwaterstand t.o.v. TAW wordt de meetwaarde van de hoogte van het nulpunt in TAW afgetrokken (Figuur 12).

Ruwe tabellen met grondwatermetingen leveren maar weinig inzicht over hoe het grondwater zich nu gedraagt. Het ligt dan ook voor de hand de deze gegevens te visualiseren, b.v. in functie van de tijd. Een **tijdreeks** kan de diepte t.o.v. het maaiveld weergeven ofwel de hoogte t.o.v. een bepaald referentieniveau, b.v. TAW. De diepte van het grondwater onder het maaiveld is erg relevant voor de vegetatie, de vergelijking van het grondwaterpeilen t.o.v. TAW geeft dan weer inzicht in de stromingsrichting van het grondwater.

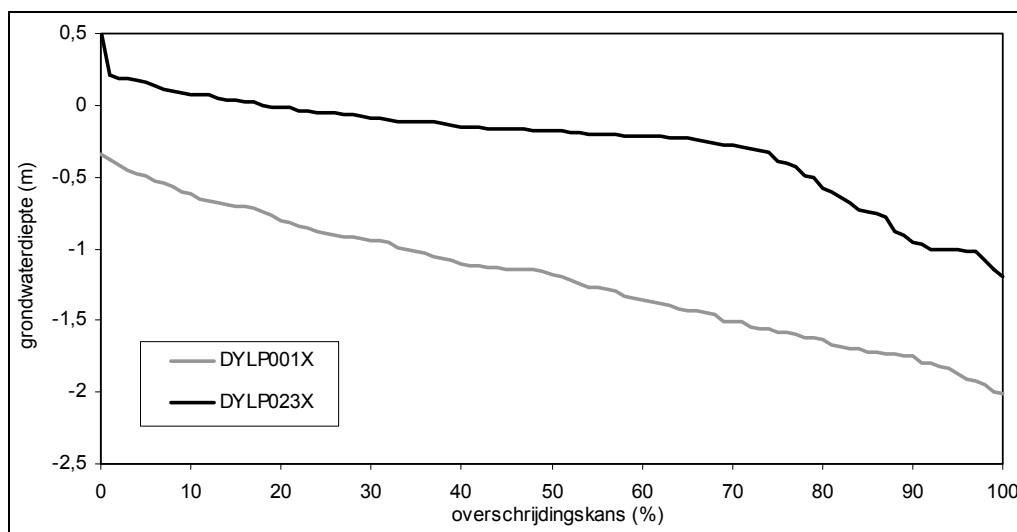
In Figuur 14 worden twee tijdreeksen voorgesteld van piëzometers in de Dijlevallei. Het jaarlijks patroon met lage grondwaterstanden in de zomer en hoge grondwaterstanden in de winter komen in beide duidelijk tot uiting. De allerlaagste grondwaterstanden komen steeds voor op het einde van de zomer (augustus — september). Piëzometer DYLP001X staat iets hoger de grondwaterstand is nooit minder dan 40 cm en het jaarlijks verloop zeer regelmatig. De piëzometer DYLP023X staat in een veel natter perceel met aanzienlijke kwel. Hier staat het grondwater een groot deel van het jaar gelijk met of net onder het maaiveld, de lagere grondwaterstanden duren nooit lang. De *amplitude* (verschil tussen de hoogste en de laagste grondwaterstand) is veel kleiner voor DYLP023X dan voor DYLP001X. Doordat de kleinste waterlopen en grachten niet meer worden geruimd is de gemiddelde grondwaterstand in beide piëzometers duidelijk toegenomen. In DYLP023X is de stijging het markantst (40cm) en heeft dit ook duidelijk effect op de amplitude, enkel bij langdurige droogte zakt de grondwaterstand plots dieper weg. Dit verschil is zeer duidelijk te zien in de **duurlijnen** (Figuur 15) van de tijdreeksen. In een duurlijn worden de grondwatermetingen in dalende volgorde gerangschikt. De figuur geeft weer hoeveel percent van de tijd een bepaalde grondwaterstand wordt overschreden. De duurcurve van DYLP023X heeft een duidelijke knik bij 70%, terwijl de duurcurve van DYLP001X zeer geleidelijk daalt.

Voor een lange reeks kunnen een aantal typische variabelen berekend worden. De meetreeks moet hiervoor minstens 5 hydrologische jaren lang zijn (een hydrologisch jaar loopt van 1 april tot 31 maart) en 2 x per maand opgemeten worden.

- Gemiddelde grondwaterstand
- Minimum grondwaterstand
- Maximum grondwaterstand
- Grondwaterschommeling of amplitude
- **GHG** Gemiddelde hoogste grondwaterstand (Het gemiddelde van de 3 hoogste grondwaterstanden voor elk jaar)
- **GLG** Gemiddelde laagste grondwaterstand (Het gemiddelde van de 3 laagste grondwaterstanden voor elk jaar)
- **GVG** Gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (het gemiddelde van de jaarlijkse grondwaterstand rond 1 april)



Figuur 14: Tijdreeksen van de Dijlevallei en neerslagoverschot.



Figuur 15: Duurlijnen van een peilbuis in een infiltratiegebied en één in een kwelgebied.

3.8 Hoe gegevens bijhouden en doorsturen naar het IN?

3.8.1 Codering van de meetpunten

De codering die door het Instituut voor Natuurbehoud wordt gebruikt bestaat uit vier delen en bevat 8 karakters:

- De eerste drie letters vormen de **gebiedscode**. Deze wordt op het Instituut voor Natuurbehoud gegeven wanneer u een voorstel met de piëzometer locaties opgeeft. Voor de Dijlevallei is dit bijvoorbeeld: DYL.
- De vierde letter is een indicatie van het type meetpunt.
 - Een **P** staat voor piëzometer of een peilbuis
 - Een **S** geeft aan dat het een peilschaal betreft
- De cijfers, b.v. 030 is het volgnummer van de piëzometer in het gebied. Dit cijfer moet in het veld ook vermeld staan op de buis.
- Voor een origineel meetpunt is de laatste letter een X. Telkens wanneer er iets gebeurt met de buis, bijvoorbeeld afmaaien, uittrekken of gewoon verdwenen, dan moet dit genoteerd worden en vermeld in de tabel. Wanneer een piëzometer wordt vervangen verandert de laatste letter in een A, bij een tweede of een derde vervangen wordt dit B, C, ... enz

3.8.2 Waterpeilen

De peilmetingen worden in een tabel ingevoerd, zoals hieronder aangegeven. De tabel wordt aangemaakt in Excel of gewoon geschreven en ziet er als volgt uit:

Tabel 4: Diepte t.o.v. het meetpunt

	1-3-1999	15-3-1999	30-3-1999	12-4-1999	26-4-1999	7-5-1999	-> datum formaat
	Bert	Tom	Bert	Tom	Bert	Bert	
DYLP030C	-0.73	-0.85	-0.84	-0.79	-0.85	-1.16	-> getal - formaat in meter met 2 decimalen
DYLP057X	-0.27	-0.34	-0.40	-0.42	-0.50	-0.81	
DYLP010X	-0.67	-0.88	-0.90	-0.79	-0.88	-1.20	
DYLP003B	-0.52	-0.54					

tekst - formaat

In de rijen van de eerste kolom staan de codes van de meetpunten. In de volgende kolommen staat steeds bovenaan de datum, daaronder de persoon die de meting heeft uitgevoerd of de persoon die de meetgegevens bijhoudt en daaronder voor elk meetpunt de diepte t.o.v. het nulpunt. Omdat de diepte van boven naar onder wordt gemeten moeten dit negatieve waarden zijn. Enkel wanneer het peil boven het nulpunt staat is de diepte een positieve waarde. Hou de gegevens per jaar bij. De naam van de Excel -file bestaat uit de "Gebiedscode" gevolgd door het "jaar" (bijvoorbeeld **DYL1999.xls**, **DYL2000.xls**, **enz.**). Hou de data zorgvuldig zelf bij en leg je eigen archief aan.

3.8.3 Meetpuntkarakteristieken

Naast de metingen moet ook informatie over de meetpunten zelf worden doorgestuurd. Ook dit kan in een tabel (Excel of tekstfile) worden ingevoerd. Hou deze file goed bij en pas de informatie erin steeds aan. Stuur deze file elk jaar met de naam "Gebiedscode" gevolgd door 'piëzometer' (bv. **DYLPiëzometer.xls**) met de gegevens mee. De volgende informatie wordt daarin verwacht op één lijn per piëzometer (hieronder is deze lijn ontdebeld voor de duidelijkheid).

Voor een peilschaal kunnen niet alle velden worden ingevuld. Vul zeker wel de hoogte van het nulpunt in en beschrijf bij de opmerking duidelijk waar de peilschaal staat of waar er op de brug wordt gemeten.

ID	Type	Code Regio	Regio	TAW 0-punt	Hoogte	TAW-maaiveld	LamOost
DYLP001X	PiëZO	DYL	Dijlevallei	29.80**	0.10	29.70**	169716.7**
DYLP001A	PiëZO	DYL	Dijlevallei	29.93**	0.23	29.70**	169716.7**

LamNoord	Start	Instal	FilTop	FilBase	Diameter	Geologie	Opmerk1
167222.9**	01/01/1988	PDB/AV	27.2**	26.9**	4	Rivieralluvium	Vonckx I tegen spoorweg
167222.9**	07/11/1994	PDB	27.3**	27.0**	5	Rivieralluvium	vervanging DYLP001X

** : indien beschikbaar

- **ID** Identificatienummer piëzometer zoals hoger uitgelegd
- **Type** Peilbuis, piëzometer of peilschaal
- **Code Regio** De 3 lettercode die door het Instituut voor Natuurbehoud wordt toegewezen.
- **Regio** Naam van het natuurgebied
- **TAW nulpunt** Hoogte in TAW van het nulpunt in meter.³
- **Hoogte** Hoogte van de top van de piëzometer boven het maaiveld in meter
- **TAW-maaiveld** Hoogte in TAW van het maaiveld in meter, indien beschikbaar
- **LamOost** X - Lambert - coördinaat in meter (geef aan hoe nauwkeurig de coördinaten werden bepaald: op kaart, GPS, theodoliet, ...)
- **LamNoord** Y – Lambert - coördinaat in meter (geef aan hoe nauwkeurig de coördinaten werden bepaald: op kaart, GPS, theodoliet, ...)
- **Start** Aanvangsdatum van de metingen
- **Instal** Naam van de persoon die de piëzometer heeft geplaatst
- **FilTop** Top van de piëzometer filter: negatief getal in meter t.o.v. het maaiveld (in m TAW indien beschikbaar)
- **FilBase** Basis van de piëzometerfilter: negatief getal in meter t.o.v. het maaiveld (in m TAW indien beschikbaar)
- **Diameter** diameter van de piëzometer (cm)
- **Geologie** Geologische laag waarin de filter is geplaatst (indien gekend)
- **Opmerk1** Opmerkingen

³ In veel gevallen is de hoogte t.o.v. TAW niet gekend. Vul dan hier de hoogte van het meetpunt boven het maaiveld in en in het veld 'TAW - maaiveld' een nul.

3.8.4 De data doorsturen naar het IN

Het uitvoeringsbesluit voorziet dat de meetgegevens ook moeten worden opgestuurd naar het Instituut voor Natuurbehoud. Dus na de laatste meting van het jaar (in principe in de derde week van december) wordt de tabel opgestuurd naar het onderstaand adres. Bij voorkeur gebeurt dat per e-mail, of anders op een disketje. De gegevens mogen in Excel staan of gewoon in een tekstbestand met de juiste opmaak.

Op de site van het Instituut voor Natuurbehoud kan je voor alle tabellen een leeg voorbeeld downloaden.

<http://www.instnat.be/ecohydrologie>

Piet De Becker
Kliniekstraat 25
1070 Brussel
piet.de.becker@instnat.be

4 Verklarende woordenlijst

afpompingskegel	De kegelvormige verlaging van de <i>grondwaterstand</i> of de <i>stijghoogte</i> als gevolg van de onttrekking van grondwater
afvloeiing	directe afspoeling van neerslag naar oppervlaktewater
afwatering	afvoer van water via een stelsel van open waterlopen
aquifer	een geologische laag waarin het grondwater kan bewegen
bemalen	Het kunstmatig verwijderen van overtollig water.
bodemwater	Het water in de bodem. Dat kan zowel in de verzadigde als in de onverzadigde zone zijn.
binnendijks / buitendijks land	binnendijks land is het land dat voor het water afgeschermd wordt door de dijk. het buitendijks land is de zone tussen de rivier en de dijk
capillair zone	De zone boven het grondwater waar water in de poriën van de bodem wordt vastgehouden.
capillaire opstijging	De opwaartse opstijging van grondwater boven de grondwaterspiegel tot in de onverzadigde zone.
doorlatendheid	Is de mate waarin een geologische laag het grondwater laat doorstromen.
drainage	afvoer van overtollig water d.m.v. (ondergrondse) buizen
drainagesysteem	het systeem dat de afvoer van water mogelijk maakt. Zowel ondergrondse als bovengronds.
evapotranspiratie	De som van de verdamping van de bodem en de transpiratie van de vegetatie
freatisch grondwater	Freatisch grondwater is het ondiep grondwater dat niet wordt afsloten door een slecht doorlatende laag.
getijrivier / benedenrivier / bovenrivier	Het gedeelte van een rivier waar de stromingsrichting wijzigt als gevolg van het getij. De benedenrivier is het gedeelte van de rivier dat onder invloed is van het getij, maar waar de stromingsrichting niet wijzigt. In de bovenrivier is er geen invloed van het getij.
grondwater	Het water beneden het grondoppervlak, meestal beperkt tot het water onder de grondwaterspiegel
grondwaterspiegel of grondwaterstand	De waterstand gemeten in een peilbuis.
infiltratie	water dat de grond binnendringt
infiltratiegebied	Het gebied waar het infiltrerende water percoleert tot bij het grondwater.
kwel	Het uittreden van grondwater aan de oppervlakte
kwel wegvangen	Door drainagebuizen of diepe sloten raakt de kwel niet tot aan het grondoppervlak, maar komt direct in het oppervlakte water terecht.
onverzadigde/verzadigde zone	In de verzadigde zone zijn alle poriën van de bodem gevuld met water in de onverzadigde zone met lucht en water.
peilbuis	Een buis met in het ondergrondse deel een filter over de

Verklarende woordenlijst

	hele lengte voor het meten van de grondwaterstand
percolatie	neerwaartse beweging van water in de onverzadigde zone en zo het grondwater voedt.
piëzometer	Een buis met een filter van enkele tientallen centimeter voor het meten van de stijghoogte
porositeit	Het volume aan poriën t.o.v. het totale volume van de grond
stijghoogte	De gemeten waterstand in een <i>piëzometer</i> is de stijghoogte. Het geeft de druk van het grondwater aan ter hoogte van de piëzometerfilter
schijnwaterspiegel	Grondwater dat gelegen is op een slecht doorlatende laag waaronder weer een onverzadigde zone voorkomt.
stroomgebied	Een gebied waaruit het oppervlakkig afstromende water in één bepaalde waterloop wordt afgevoerd
stuwpeil	Het peil dat wordt ingesteld in
waterscheiding	De grens tussen twee <i>stroomgebieden</i>
wegzijing	De neerwaartse stroming van het grondwater
zomerbed / winterbed	Het zomerbed is het rivierbed dat bij gewoon hoogwater door de rivier wordt ingenomen. Het winterbed is de zone tussen het zomerbed en de <i>winterdijk</i>

Piëzometer fiche*Algemene informatie*

Naam van het gebied	Vegetatietype:
Eigenaar	Uitgevoerd door:
Gemeente	Datum:

Beschrijving van de ondergrond

Diepte (m)		Beschrijving(textuur, gley, reductie, ...)	Kleur
Van	Tot		

Piëzometerinformatie

Piëzometercode (gebruik de code opgegeven door het IN)			
Totale lengte van de piëzometer	m		
Lengte van de filter	m	Grind rond de filter gestort	Ja – Nee
Diameter	m	Bentoniet stop	Ja – Nee
Coördinaten	X: Y:	(op kaart – gps – dgps – theodoliet)	
Hoogte van het meetpunt boven maaiveld	m		
Maaiveld (mTAW / relatief)	m	(kaart – theodoliet)	
Meetpunt (mTAW / relatief)	m		