

zoo spoedig voorbij is. Maar klimmende waterhoentjes kunnen we ook wel zien in andere tijden van het jaar. Ze klimmen wel in de lijsterbessen en ik heb de hoge muur van de binnenplaats van de ruïne van Brederode wel eens bezet gezien met een dozijn waterhoentjes, die daar op de klimopbessen af kwamen.

Natuurlijk zijn helmknoppen een uitstekend voedsel. Dat weten de zweefvliegen en verschillende soorten van kevers ook en zelfs de mensch weet er van te genieten.

JAC. P. THIJSSSE.

DE WATERLEIDINGEN IN VELE GEVALLEN HET BEHOUD VAN ONZE DUINEN.

Inleiding.

„Hellevoetsluis, hoort gij, *hel, hel, hellevoetsluis*, daar komt onze groote vijand vandaan, de waterleiding”, aldus Dr. Thijssse in zijn toelichting bij één van de vogelfilms van Burdet voor de Haagsche Volksuniversiteit.

Dat was meer dan mijn waterleidinghart kon verdragen.

Is het werkelijk zoo erg met de waterleiding? Men zou het wel zeggen, als men de vele aanvallen van natuurvrienden gadeslaat. Immers, er verschijnt bijna geen enkel artikel over onze duinen, of het begint met het opsommen van alle zonden van de in het betrokken gebied aanwezige waterleiding.

En toch is dat mis! Ja zeker, de waterleiding doet wel schade, het duinlandschap is er in vele gevallen armer door geworden, maar daartegenover staan veel grootere voordeelen. Voordeelen, die door de meeste, ja door misschien wel alle natuurvrienden over het hoofd worden gezien. Voordeelen, die zoo groot zijn, dat ik gerust durf zeggen, dat de waterleidingen in vele gevallen een zegen voor het duin zijn geweest en het heden nog zijn.

Waarom dat zoo is, hoop ik in dit artikel duidelijk te maken.

Ik heb gemeend goed te doen, tot beter begrip van de zaak waar het om gaat, allereerst een kort geologisch overzicht van het ontstaan onzer duinen te moeten geven, gevolgd door een wat uitvoeriger beschouwing over de hydrologische gesteldheid.

Hier zij nog een woord van hartelijken dank gebracht aan de Directies van de diverse bedrijven, die mij met groote bereidwilligheid alle gevraagde gegevens verschaften.

Het ontstaan der duinen.

Zooals bekend, zijn onze duinen ontstaan in het alluviale of holocene tijdperk, of om het nog nauwkeuriger uit te drukken, in het jongste gedeelte daarvan. Onder het jong-holocene duinzand, hetwelk in het algemeen rust op holocene klei-, veen- en zandafzettingen, die meestal op niet meer dan 20 m beneden N. A. P. worden aangetroffen, komen de diluviale of pleistocene zandlagen,

afgewisseld door klei, veen en leemlagen, terwijl op nog grotere diepte van ongeveer 20 m (Zeeuwsch Vlaanderen en het Zuiden van Walcheren) tot meer dan 270 m (Schoorl) beneden N.A.P., het Tertiair of Pliocene wordt aangetroffen.

Zoowel de jongste tertiaire als de diluviale lagen zijn afwisselend zee- en rivierafzettingen, hetgeen er op wijst, dat de bodem ten tijde van het ontstaan dezer lagen, nu eens beneden, dan weer boven de zeespiegel was gelegen, waardoor het betrokken gebied afwisselend door de zee of door rivieren werd overstroomd. Eén dezer zeeoverstromingen, die echter niet het geheele gebied heeft bedekt, is bekend als die der Eemzee; de afzettingen dezer periode dragen den naam van de Eemlagen. Ook is een gedeelte van het beschouwde gebied nog door landijs bedekt geweest, hetgeen gedemonstreerd wordt door de aanwezigheid van keileem in den ondergrond van de Noordhollandsche duinen.

Op het einde van het pleistocene tijdperk bedekte de tegenwoordige zee, vermoedelijk tengevolge van een rijzing van den zeespiegel, een groot gedeelte van ons land, n.l. het tegenwoordige Noord- en Zuidhollandsche polderland tot aan de pleistocene hoogten in het Oosten. Ter plaatse van onze tegenwoordige Noordzee-kust ontstonden toen zandbanken, hetgeen wel verklaard wordt als gevolg van den doorbraak van de landengte van Calais, ongeveer 4000 jaren geleden, waardoor een geheel andere toestand ontstond; immers 2 maal daags trok een sterke vloedstroom, gevolgd door een zwakkeren ebstroom, langs onze kusten.

Door dezen vloedstroom werden groote hoeveelheden afbraakmateriaal medegevoerd, die voor onze kusten zandbanken en landtongen vormden. Op deze afzettingen ontstonden door verstuiving en aanwaaiing van zeezand langzamerhand duinen. Aldus vormde zich een gedeeltelijk van de zee afgesloten haf, hetwelk geleidelijk dichtslibte. Door den aanvoer van rivierwater werd het water in dit haf langzamerhand brak en tenslotte zoet, zoodat na de holocene zee- en brakwaterafzettingen ten slotte de zuivere zoetwaterafzettingen, voornamelijk veen, ontstonden.

Als gevolg van nieuwe invasies van de zee, waarbij gedeelten van de bovenvermelde afzettingen werden weggeslagen, werden de Zuiderzee en de Zuidhollandsche en Zeeuwsche eilanden gevormd.

Hier zij er nog op gewezen, dat de oorspronkelijke duinenrij, althans in het Zuidelijke gedeelte, meer westwaarts heeft gelegen. Waarschijnlijk tengevolge van de doorgaande rijzing van den zeespiegel heeft de kust zich naar het Oosten verplaatst. Dit laatste is o.a. waar te nemen aan het strand bij Kijkduin, waar betrekkelijk uitgestrekte veenlenzen aan de oppervlakte komen.

Tot op het huidige oogenblik is duinvorming en duinafbraak nog steeds aan den orde van den dag, waarbij vooral de wind een rol van beteekenis vervult. Hier verder op in te gaan zou mij te ver voeren; ik meen te kunnen volstaan met het noemen van enkele namen, t.w. Texel en Terschelling.

Tot slot zij nog vermeld, dat men in onze tegenwoordige duinen in het algemeen twee duinvormen kan onderscheiden, door Dr. Tesch het oude en het jonge

duinlandschap genoemd. De jonge duinen zijn kalkrijk en vertoonen een daarbij behorende vegetatie (zeedistel, duindoorn, enz.), terwijl de oude duinen daarentegen kalkarm zijn en daardoor een vegetatie bezitten, die weinig kalk behoeft (brem, heide, adelaarsvaren, enz.). In het algemeen zijn de zeeduinen het jongst; de oudere duinen worden meer landwaarts aangetroffen, terwijl hunne hoogte meestal belangrijk geringer is.

De hydrologische toestand.

Het regenwater, hetwelk op de op de bovenomschreven wijze ontstane duinen viel, zakte omlaag en verbrak, door verhooging van den waterspiegel, de evenwichtstoestand van het grondwater. Hoe meer de duinen zich ontwikkelden, hoe meer zoet water er zich in verzamelde.

De eerste, die een wetenschappelijke verklaring van de aanwezigheid van het zoete water in onze duinen boven het zich daaronder bevindende zoute water heeft gegeven, is onze landgenoot W. Badon Ghyben. Zijn theorie, door Ir. J. M. K. Pennink genoemd de „Theorie van het drijvende duinwater”, kan met behulp van het in fig. 1 gegeven dwarsprofiel van het eenvoudigst denkbare geval, nl. een duineiland, als volgt worden verklaard.

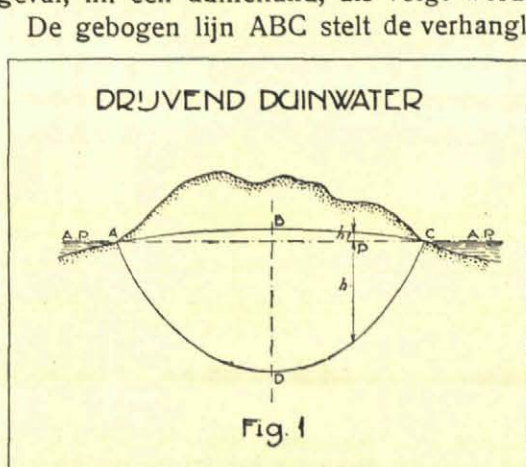


Fig. 1

De gebogen lijn ABC stelt de verhanglijn voor van het grondwater, de horizontale lijn AC het gemiddelde niveau van de zee; lijn ADC de scheidingslijn bij hydrostatisch evenwicht tusschen zoet en zout water.

In overeenstemming met de door Ir. Pennink bij zijn onderzoekingen in de Amsterdamsche waterwinplaats aangenomen grenzen, wordt water met niet meer dan 100 mg chloor per L veelal zoet, met meer dan 15000 mg chloor per L zout genoemd. Water met een tusschenliggend chloor-gehalte wordt dan als brak beschouwd. Hier

zij nog vermeld, dat het normale zoete duinwater in den regel 30 tot 50 mg chloor per L bevat, terwijl wordt aangenomen, dat de grens van het chloor-gehalte, waarbij drinkwater nog een duidelijk herkenbaren zwak ziltten smaak heeft, is gelegen bij een hoeveelheid van 400 mg per L, hoewel fijnheid van smaak naast enkele andere factoren bij de beoordeeling hiervan van veel invloed is.

Indien men het soortelijk gewicht van zoet, resp. zout water stelt op 1 en $1 + \frac{1}{n}$, dan moet, wil er in een zeker punt P evenwicht zijn:

$$(h + h_1) \times 1 = h \left(1 + \frac{1}{n}\right) \text{ zijn, of: } h = nh_1.$$

Stelt men nu het soortelijk gewicht van het Noordzeewater op 1,025, dan wordt:

$$h = 40h_1.$$

Globaal kan men dus zeggen, dat de grens van het zoete en zoute water ongeveer $40 \times$ zoo diep beneden den zeespiegel ligt als de grondwaterstand in de duinen zich daarboven verheft.

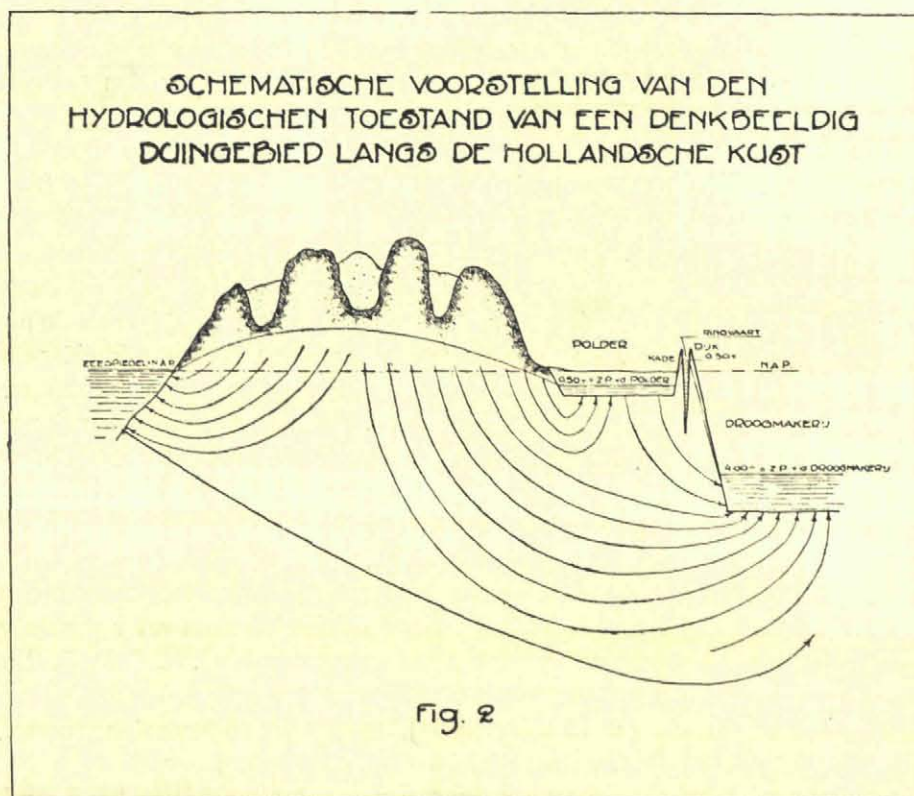
Natuurlijk is de toestand in de duingebieden langs onze kusten niet zoo eenvoudig als uit het bovenstaande zou volgen. Op dit feit is reeds gewezen door Ir. Pennink in zijn bekende voordracht over de prise d'eau der Amsterdamsche duinwaterleiding (1903).

In de eerste plaats wordt de begrenzing tusschen zoet en zout water niet gevormd door een scherp begrensde vlak; in werkelijkheid heeft men te doen met een brakwaterzone, waarin het water geleidelijk — hoewel betrekkelijk snel — van zoet in zout overgaat. In de tweede plaats verandert de zeestand steeds, o.m. door eb en vloed, terwijl ook de windrichting van invloed op dien stand is. Ten derde ligt slechts aan één zijde der duinen de zee, terwijl aan de andere zijde het polderland is gelegen; speciaal de invloed van de bemaling der droogmakerijen is daarbij van veel belang. In de vierde plaats is van buitengewoon veel invloed het feit, dat de samenstelling der duinen niet homogeen is; naast grove, goed doorlaatbare zandlagen komen praktisch ondoorlaatbare klei-, veen- en leemlagen, benevens meer of minder slibhoudende fijne zandlagen voor.

Maar bovendien — en dit is zeker wel het belangrijkste — heeft men niet te doen met een hydrostatisch, doch met een hydrodynamisch evenwicht, hetgeen vooral een gevolg is van het feit, dat de zoetwatervoorraad steeds vermeerderd wordt door neerslag, terwijl er steeds afstroming van zoetwater plaats vindt naar de zee en naar het achter de duinen gelegen polderland. Ir. C. P. E. Ribbius is de eerste geweest, die dit verschijnsel van hydrodynamisch evenwicht in het openbaar heeft behandeld (in 1903 en 1904), terwijl de onderzoekingen van verschillende duingebieden (o.a. Schoorl, Castricum, Schouwen) door het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening, waarover door den toenmaligen Directeur, den Heer J. van Oldenborgh, in de vergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 11 Maart 1916 een interessante voordracht is gehouden, er veel toe hebben bijgedragen, het hydrodynamische karakter van het verschijnsel sterk naar voren te brengen en nader te verklaren.

Door het verschil tusschen het gemiddelde zeepeil en den waterstand in de achter de duinen gelegen boezemwateren van de polders of van de belangrijk dieper gelegen droogmakerijen, benevens door het verschil in soortelijk gewicht tusschen het zoute zeewater en het zoete of brakke polder- en boezemwater, ontstaat een strooming van zeewater landinwaarts naar de droogmakerijen en boezemwateren. Tevens heeft een afvloeiing plaats van den op de duinen vallenden neerslag naar de zee en naar de polders en droogmakerijen, die bij afwezigheid van beekjes en greppels, ondergronds geschiedt.

Er wordt een evenwichtstoestand bereikt, als door het oploopen van den bovengrondwaterstand genoeg overdruk is verkregen om den neerslag, voorzoover deze tot vorming van het grondwater bijdraagt, tot afvloeiing te brengen. Schematisch is dit weergegeven in fig. 2, welke behoudens een kleine wijziging, ontleend is aan de bovengenoemde voordracht van den Heer Van Oidenborgh.



Deze afbeelding geeft uit den aard der zaak slechts een schematische voorstelling; daarbij is o. m. uitgegaan van een homogenen zandgrond.

Uit de bovenvermelde onderzoeken is gebleken, dat het beginsel van Badon Ghyben, ook indien men uitgaat van een hydrodynamischen evenwichtstoestand van kracht blijft. Men dient echter uiterst omzichtig te werk te gaan en zich terdege rekenschap te geven van alle bijkomende factoren.

Een voorbeeld moge dit duidelijk maken. Bij het onderzoek van de Schoorlsche duinen werd in het noordelijk gedeelte van het duinterrein een tot meer dan 10 m + A. P. oplopende grondwaterheuvel waargenomen, terwijl het zoete water niet dieper dan tot ongeveer 150 m — A. P. werd aangetroffen en dus niet tot rond 10 × 40 m diepte. Uit het geologisch onderzoek bleek echter, dat juist

onder het gedeelte met den bovenvermelden hoogen grondwaterstand een zeer moeilijk doorlaatbaar holocene lagencomplex, voornamelijk bestaande uit klei- en veenlagen, aanwezig is. Door de betrekkelijk geringe diepteligging van dit complex, waardoor voor afvoer van den neerslag slechts een gering stroomprofiel beschikbaar blijft, worden hooge grondwaterstanden vereischt, teneinde de drukverliezen te overwinnen, die voor den afvoer van de groote hoeveelheden neerslagwater benoodigd zijn.

In het zuidelijk gedeelte van het boven omschreven duingebied, waar de genoemde waterkeerende lagen ontbraken, bedroeg de grondwaterstand slechts iets meer dan 3,5 m + A.P.

Het verdringen van het zoute water door het zoete geschiedt het eerst in de grofste lagen. Daardoor vormen zich zoetwaterlenzen, door Dr. J. Versluys zoetwaterapophysen genoemd. Het feit, dat men in vele boringen in het duingebied in de minder doordringbare lagen dikwijls zout water aantreft en in de grovere lagen daartusschen water, dat veel zoeter is, wijst er op, dat nog geen evenwichtstoestand is ingetreden doch dat de zoetwaterhoeveelheid nog steeds toeneemt.

Op vele plaatsen langs onze duinen is het peil van het binnenwater sedert honderden jaren verlaagd door indijking en bemaling, terwijl vooral de in de laatste 70 jaren tot stand gekomen droogmakerijen een belangrijke peilverlaging ten gevolge hebben gehad. Daardoor is een verlaging van de potentiaal van het landwaarts stroomende zeewater ontstaan, hetgeen een versterkte indringing van zoet water tengevolge heeft gehad, waardoor het zoete water belangrijk dieper is doorgedrongen, hetgeen neerkomt op een vermeerdering van den zoetwatervoorraad.

Of de evenwichtstoestand tengevolge van de bovenomschreven peilverlagingen reeds is ingetreden, is niet met zekerheid te zeggen; er zijn echter feiten, die wijzen op een vermeerdering van den zoetwatervoorraad in het oostelijk gedeelte onzer duinen.

In fig. 3 zijn weergegeven de diepteligging van het Diluvium en van het Alluvium, benevens van de zoetwatergrens onder de Nederlandsche duingebieden; deze afbeelding is ontleend aan het meergenoemde artikel van den Heer Van Oldenborgh.

De totale hoeveelheid nuttige neerslag, d.i. dus het gedeelte van den neerslag dat den grondwatervoorraad ten goede komt, is niet nauwkeurig bekend, o.m. doordat over den invloed van verdamping, plantengroei, enz. nog veel te weinig gegevens ter beschikking staan.

Voor globale berekeningen wordt veelal aangenomen, dat gemiddeld per ha per etmaal 10 m³ water aan het grondwater ten goede komt, hetgeen neerkomt op een hoeveelheid van 3650 m³ per ha per jaar. Bij een gemiddelden regenval van ongeveer 700 mm per jaar, bedraagt de nuttige neerslag dan rond 50 % van den totale. Op grond van de nieuwste onderzoekingen meent de Directie van de Amsterdamsche Waterleiding voor dit percentage wel 60 à 70 te mogen aannemen.

DIEPTELIGGING VAN HET DILUVIUM EN VAN HET TERTIAIR ONDER DE NEDERLANDSCHE DUINGEBIEDEN.

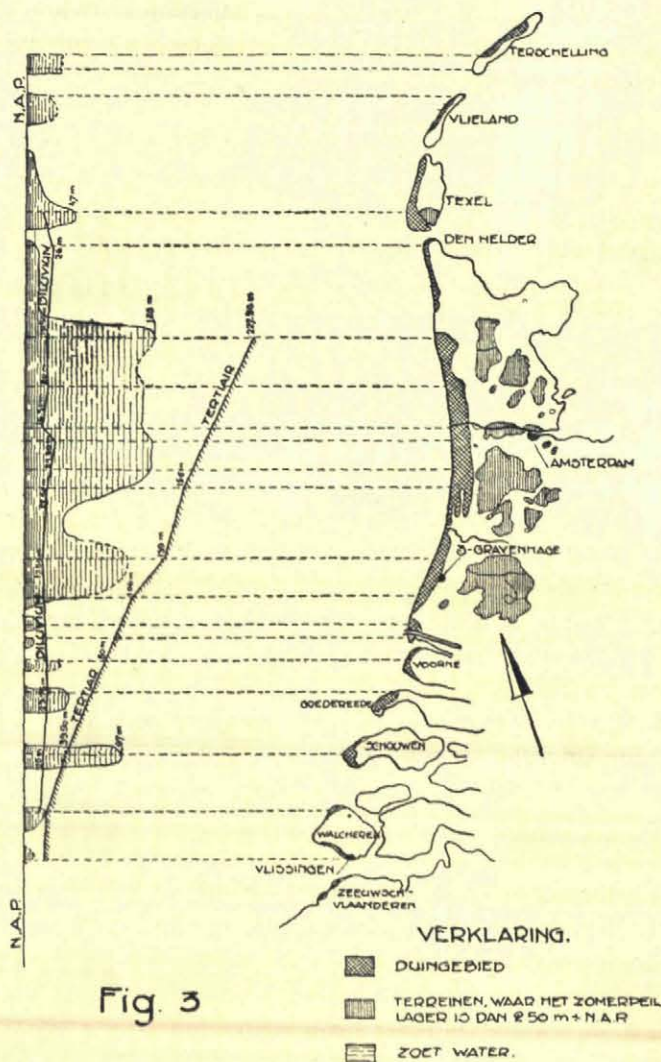


Fig. 3

Uit het bovenstaande zal het duidelijk zijn, dat een duinmeertje ontstaat indien de natuurlijke grondwaterstand boven het terrein ter plaatse komt, d.i. dus in het algemeen in de laaggelegen duinpannen. Aangezien de grondwater-spiegel aan sterke natuurlijke schommelingen onderhevig is, zal ook de water-spiegel in den plas aan sterke schommelingen onderhevig zijn. Veelal is echter een voor water praktisch ondoordringbare veenlaag aanwezig, waardoor de water-standen in den plas grootendeels onafhankelijk worden van de natuurlijke schommelingen van het grondwater. Bij het graven van een nieuwe sprank in Meijndel was de aanwezigheid van een dergelijke veenlaag over een groote uitgestrektheid duidelijk waar te nemen.

Waterwinning in de duinen.

Indien men tot winning van het oppervlakte-water in de duinen overgaat, geschiedt zulks meestal door middel van een open draineerkanaal, door draineer-buizen of door ondergrondse galerijen.

Door het draineermiddel af te pompen tot een zeker peil wordt een plaatse-

SCHEMATISCHE VOORSTELLING VAN HET VERLOOP VAN DEN
GRONDWATERSPIEGEL VÓór EN NA WATERONTTREKKING
DOOR MIDDEL VAN EEN DRAINEERKANAAL

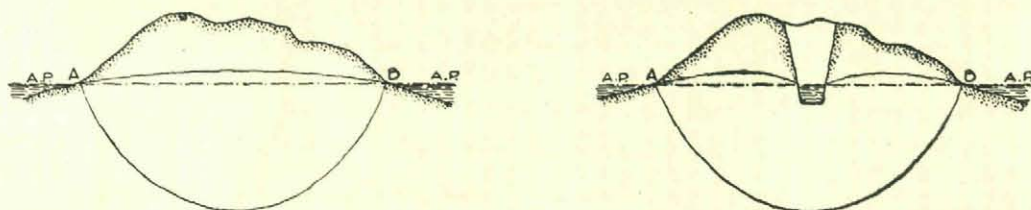


Fig. 4

lijke grondwaterstandverlaging teweeg gebracht, waardoor toevloeiing van het bovengrondwater uit de omgeving in het leven wordt geroepen. Het beloop van den grondwaterspiegel verandert daardoor ongeveer als in fig. 4 schematisch is aangegeven.

Teneinde de hoeveelheid water, die gewonnen kan worden, te vermeerderen, gaat men veelal over tot het benutten van het diepe grondwater, d.w.z. van den voorraad zoet water in den ondergrond der duinen. Dit doet men door het maken

van verticale geboorde putten, waarvan het water, hetzij in de bovengenoemde draineermiddelen, hetzij in afzonderlijke leidingen wordt gevoerd.

In de Amsterdamsche waterwinplaats past men een bovengrondwaterwinning toe door middel van open kanalen, gecombineerd met een diepgrondwaterwinning door verticale putten.

In de 's-Gravenhaagsche waterwinplaats geschiedt de winning van het bovenwater met behulp van draineerleidingen en -galerijen, terwijl voor de diepwaterwinning, evenals voor Amsterdam, putten worden toegepast.

De Leidsche Duinwatermaatschappij wint alleen bovenwater, terwijl op het pompstation Castricum van het Provinciaal Waterleidingbedrijf voor Noordholland alleen diepwater wordt benut.

Voor Middelburg en voor Vlissingen wordt alleen bovenwater gewonnen, omdat het diepe grondwater in deze waterwinplaatsen brak is.

Indien men den zoetwatervoorraad voor een bepaald wingebied in de duinen niet wil verminderen, is het noodig dat niet meer water onttrokken wordt dan wordt aangevoerd als gevolg van den nuttigen neerslag, verminderd met de afvloeiing naar de zee en naar de landzijde.

Onttrekt men meer water, dan vermindert de zoetwatervoorraad, zoodat de grensscheiding tusschen zoet en zout water omhoog komt; er treedt dan verzouting op.

In vele gevallen wordt de verzouting van onderaf tegengehouden, althans belangrijk vertraagd, doordat op groote diepte sterk weerstandbiedende klei- en fijnzandlagen aanwezig zijn, doch dan blijft het gevaar bestaan, dat zeewater van terzijde toetreedt.

Het winnen van groote hoeveelheden diep grondwater kan dus niet steeds onbeperkt doorgaan; het bedrijf pleegt roofofbouw en het gevolg is, dat vroeg of laat tot uitbreiding van de waterwinplaats of, indien zulks niet mogelijk is, tot het stichten van een nieuwe prise d'eau moet worden overgegaan.

Doordat het waterverbruik van Amsterdam in den loop der jaren steeds is toegenomen, moesten steeds grootere hoeveelheden diepduinwater aan de winplaats worden onttrokken; zulks kan echter niet zoo heel lang meer worden volgehouden, zoodat Amsterdam dan ook druk bezig is naar een andere waterwinplaats ter suppletie om te zien. Aan de duinwaterwinplaats zal dan na het totstandkomen van de nieuwe prise d'eau niet meer water worden onttrokken, dan toelaatbaar is zonder roofofbouw te plegen.

(Wordt vervolgd.)

Ir. J. E. CARRIÈRE, Ingenieur bij het
Rijksbureau v. Drinkwatervoorziening.
