

26.4.58.

54334

J. Tesch



V. d. S.

MEDEDEELINGEN OMTRENT DEN HYDROLOGISCHEN TOESTAND VAN HET EILAND URK



VOORDRACHT VAN DEN HEER D^R. J. VERSLUYS M.I.,
GEHOUDEN IN DE 18^{DE} ALGEMEENE VERGADERING
VAN DE VEREENIGING VOOR WATERLEIDINGSBELANGEN
IN NEDERLAND



OVERDRUK UIT HET EXTRA-NUMMER VAN HET GAS 20 AUGUSTUS 1917

21 FEB. 1964

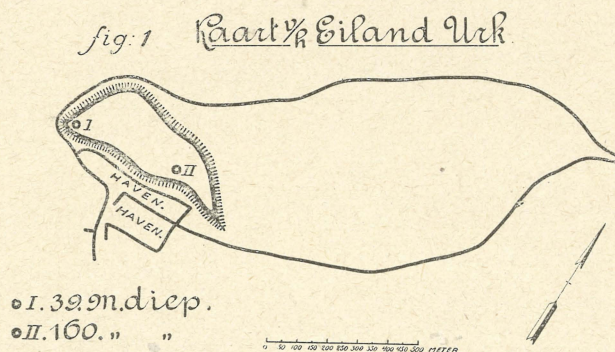
Mededeelingen omtrent den hydrologischen toestand van het eiland Urk.

Voordracht van den heer Dr. J. VERSLUYS, m.i., ingenieur bij het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening, gehouden op de 18^{de} Algemeene Vergadering der Vereeniging voor Waterleidingsbelangen in Nederland.

In het jaar 1915 werden door het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening op het eiland Urk twee boringen verricht, ten einde te onderzoeken of in den ondergrond goed drinkwater te vinden

Drinkwatervoorziening, Dr. J. F. Steenhuis, beschreven. ¹⁾

Ook van een hydrologisch standpunt zijn de boringen van groot gewicht.



zou zijn. Een der boringen is voortgezet tot 154½ Meter beneden volzee.

De Directeur van het Rijksbureau, de heer J. van Oldenborgh, achtte het n.l. niet onmogelijk, dat onder het keileem, dat den betrekkelijk moeilijk doordringbaren bovengrond van Urk vormt, ofwel dieper in het diluvium zich zoet water zou bevinden. Het eerste bleek ook inderdaad het geval te zijn.

Op 20 à 25 M. beneden volzee is n.l. water aangetroffen, dat practisch zoet is. Dit water wordt thans gebruikt voor de drinkwatervoorziening der geïnterneerden.

Van een geologisch standpunt zijn deze boringen zeer interessant, aangezien daardoor de ondergrond van Nederland tot groote diepte is onderzocht op een punt midden in de Zuiderzee, op grooten afstand van andere boringen.

De geologische uitkomsten der boringen zijn door den Geoloog bij het Rijksbureau voor

Omtrent het grondwater beneden den bodem der Zuiderzee, is nog slechts weinig bekend. Op grond van de uitkomsten van boringen nabij de kust der Zuiderzee is er reden om aan te nemen, dat op vele plaatsen onder de Zuiderzee grondwater is, met een zoo laag zoutgehalte, dat men het zoet kan noemen.

Men denke bijvoorbeeld aan de watervoorziening van Hoorn, en boringen bij Enkhuizen en op Marken. ²⁾

Het eiland Urk bestaat uit een hoog en een laag gedeelte.

De omtrek van het hooge gedeelte is op bijgaand kaartje (fig. 1) aangegeven. ³⁾

¹⁾ Tijdschrift van het Aardrijkskundig Genootschap 2e Serie dl. XXXII 1915 afl. 7 bldz. 848—852.

²⁾ P. Wintgens. Beitrag zu der Geologie von Nord-Holland. Kerkraade 1911 bldz. 73.

³⁾ Dit kaartje is geteekend naar de meer gedetailleerde kaart in het Bestek van het Ministerie van Waterstaat No. 15, Onderhoud zee- en havenwerken op Urk. Dienst 1915—1918.

Herkomst van het monster:	PHYSISCH ONDERZOEK.																	
	Datum van monsterneming:	Diepte onderkant filter:	Kleur (Platina-Cobalt- schaal; mgr. Platina).	Reuk.	Smaak.	Helderheid.	Geleidingsvermogen voor electr. bij 18° C.	Reactie ten opzichte van phenolphthaleïne.	Vaste stoffen, gedroogd bij 180° C. (ongef. water).	Idem (gef. water).	Zwevende stoffen.	Gloeiverlies van No. 8.	Verbruik aan Kal. perm. (KMnO ₄) (ongef. water).	Idem (gef. water).	Chloor-ion (Cl').	Salpeterigzuur-ion (NO ₂ ').	Salpeterzuur-ion (NO ₃ ').	Zwavelzuur-ion (SO ₄ '').
	1915	volzee.																
Boring I	³⁰ / ₃	25.01	20	modderig	—	troebel	857×10-6	zuur		626	2820	¹)	20 0	21.4	159	0.4	1.2	22.6
idem	¹⁴ / ₄	31.71	15	geen	—	„	2748× „	„		1900	115	156	24	15.7	802	0	sp.	sp.
idem	¹⁵ / ₄	26.71	10	„	—	„	1025× „	„		702	130	58	7.1	4.3	197	0	„	63
Boring II	²⁹ / ₄	24.00	15	geen	—	helder	1950× „	zuur		1432	sp.	120	14.4	14.4	435	0.2	35	175
idem	³⁰ / ₇	26.68	15	naar petroleum	—	„	2210× „	„		1768	„	224	16.4	13.1	512	0.4	70	245
idem	⁵ / ₅	34.00	20	geen	—	„	2870× „	„		2252	„	336	16.2	15.8	755	sp.	sp.	374
idem	¹⁰ / ₅	43.93	25	„	—	iets opales- ceerend	3735× „	„		2676	„	232	25.7	25.0	1000	0.4	18	315
idem	¹⁵ / ₅	53.73	30	„	—	iets troebel	4450× „	„		3144	26	160	28.6	28.6	1350	sp.	0	274
idem	¹⁹ / ₅	64.18	25	„	—	„	5030× „	„		3600	14	400	25.7	22.1	1640	0	0	226.3
idem	²¹ / ₅	74.34	20	„	—	troebel	5850× „	„		3944	22	300	41.4	40 ³)	2000	sp.	0	197
idem	³¹ / ₅	84.03	20	„	—	„	7590× „	„		5560	128	516	23.6	15.3	2600	0	0	605
idem	⁴ / ₆	94.13	20	„	—	„	9030× „	„		6484	28	400	32.8	17	3230	sp.	sp.	602
idem	¹¹ / ₆	104.13	30	„	—	helder	9500× „	„		6664	12	420	27.8	27.1	3370	0	0	503
idem	¹⁶ / ₆	114.20	15	„	—	troebel	10980× „	„		7938	173	440	35.7	20	4000	sp.	0	689
idem	²¹ / ₆	124.18	25	„	—	„	11750× „	„		8784	52	680	32.8	19.6	4240	0	0	705.7
idem	²⁸ / ₆	134.13	20	„	—	„	12000× „	„		9130	73	564	32.8	18.6	4650	sp.	0	714
idem	³⁰ / ₆	144.21	20	„	—	„	13150× „	„		9650	100	528	23.1	17.0	4860	„	0	743
idem	⁵ / ₇	154.33	20	„	—	iets troebel	13880× „	„		10206	80	584	25.5	16.1	5300	„	0	786

CHEMISCH ONDERZOEK.																				OPMER- KINGEN.				
Hydrocarbonaat-ion (HCO ₃).	Vrij koolzuur (CO ₂).	Carbonaat-ion (CO ₃ ⁹).	Fosforzuur-ion (PO ₄ ¹⁰).	Kiezelsuur (SiO ₂).	Zwavelwaterstof (H ₂ S).	Ammonium-ion (NH ₄ +)	Organ. ammonium (NH ₄).	Ijzer-ion (Fe + +).	(Ijzer berekend als Fe ₂ O ₃)	Mangaan-ion (Mn + +).	(Mangaan berekend als Mn ₂ O ₄).	Calcium-ion (Mg + +).	(Calcium berekend als CaO).	Magnesium-ion (Mg + +)	(Magnesium berekend als MgO).	Alkali-ion berekend als :		Alkali-bicarbonaten, berekend als Na ₂ CO ₃ .	Vrije zuurstof (O ₂).			Tot: hardh. (CaO + 1,4 MgO) in D.gr.	Tijdelijke (d. i. berekende carbonaat-)hardheid in D.gr.	
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
354	15		0	10	0	0.2	0.8	71.4 ²⁾	102		2.7	114.4	160	18.3	30.5	75.0	—	0	—	20.3	13.4			
561	20		0	26	0	0.8	0	3.5	5		0.5	294.6	412	38.4	64	32.3	—	0	—	50.2	28.2			
335	21		0	12	0	0	0	2.1	3		0.9	147.3	206	17.4	29	83.2	—	0	—	24.7	12.8			
342	33		0	8	0	0	sp.	0.7	1.0		0.9	260.3	364	29.4	49	167.4	—	0	—	43.3	15.3			
348	31		0	20	0	0.5	0.2	0.77	1.1		2.6	286	400	33	55	213	—	0	—	47.7	15.7			
335.5	88		0	44	0	0.1	0.3	0.98	1.4		2.7	294.6	412	67	111.6	343	—	0	—	56.8	14.3			
439	4.5		0	76	0	0.1	0.2	2.2	3.2		0	217.7	380	75	125	555	—	0	—	55.5	23			
525	77		0	28	0	0.3	0.5	7	10		4.5	214.5	300	97.5	162.5	781	—	0	—	52.7	20.7			
500	121		0	16	0	1.8	0.2	18.9	27		4.5	237.4	332	93.6	156	894	—	0	—	55	20			
476	78		0	16	0	5.6	0	12.9	18.4		9.0	214.5	300	131.4	219	1051	—	0	—	60.7	20.7			
256	101		0	64	0	3.7	0	42	60		4.1	277.4	388	135	225	1491	—	0	—	70.3	10.3			
305	37		0	60	0	2.5	0	21	30		0.9	297.4	416	198	330	1723	—	0	—	87.8	12.8			
317	13		0	24	0	2.5	0.3	11.6	16.6		0.9	294.6	412	192	320	1876	—	0	—	86	16			
311	13		0	150	0	0.1	0.3	58.8	84		—	235.9	330	231.6	386	2320	—	0	—	87	15			
317	13		0	56	0	0.6	0.4	9.52	13.6		—	234.5	328	266.9	444.8	2413	—	0	—	95.1	10.1			
281	26		0	14	0	1.0	0.4	9.5	13.6		—	230	322	275.4	459	2615	—	0	—	96.5	11.5			
262	22		0	16	0	1.0	0.6	8.44	12.2		—	227.4	318	288.6	481	2725	—	0	—	99.1	15.1			
238	13		0	27	0	1.0	0	14.7	21		—	223.1	312	360.6	601	2954	—	0	—	115.3	5.3			

¹⁾ Bepaling
mislukt.

²⁾ Bepaald in
de ongeroerde
vloeistof; de be-
paling van dit
ijzergehalte
heeft geen waar-
de, daar het
ijzer hoofdzake-
lijk afkomstig is
uit de modder.

³⁾ In duplo
bepaald.

OPMER-
KINGEN.

1) Bepaling mislukt.
2) Bepaald in de ongeroerde vloeistof; de bepaling van dit ijzergehalte heeft geen waarde, daar het ijzer hoofdzakelijk afkomstig is uit de modder.
3) In duplo bepaald.

Het hoge gedeelte is een kleine verheffing van den diluvialen ondergrond tot ± 8 Meter boven den Zuiderzeespiegel.

Men zou geneigd zijn te denken aan een soortgelijken hydrologischen toestand als in de duinen der waddeneilanden.

Men vindt evenals in den regel onder de duinen, dat het zoutgehalte van het grondwater naar de diepte toeneemt.

De uitkomsten der analyses van het water (uitgevoerd in het Centraal Laboratorium ten behoeve van het Staatstoezicht op de Volksgezondheid te Utrecht) zijn in vorenstaande tabel vereenigd.

Op een diepte van 154 Meter beneden volzee is water gevonden waarin het zoutgehalte eenigszins nadert tot dat van het water der Zuiderzee, maar toch nog iets geringer is.

In zooverre is er dus overeenstemming tussen Urk en de duingebieden.

De wording van den hydrologischen toestand is voor Urk echter eene geheel andere dan die van den ondergrond der duinen, hetgeen uit de chemische samenstelling van het water blijkt.

Het verschil in het ontstaan van den toestand kan men als volgt uitdrukken:

Het eiland Urk is met zijn ondergrond ouder dan de zee die het omringt, terwijl de duinen met een gedeelte van den ondergrond min of meer een product zijn van de zee die haar thans begrenst of omgeeft.

De duinen toch zijn ontstaan op zandbanken in de zee of op het zeestrand, terwijl hun ondergrond tot op eene zekere diepte een afzetting is van diezelfde zee.

Het eiland Urk bestaat daarentegen uit rivier- en gletscherafzettingen, die eigenlijk in en op het vaste land zijn ontstaan, derhalve onder den invloed alleen van rivier-, smelt- en neerslagwater. Eerst later is vermoedelijk door daling van den bodem, Urk een eiland geworden. De bodem rondom Urk kwam beneden het zeepeil te liggen, en Urk werd omringd door water. Zooals nader zal blijken was dit water naar alle waarschijnlijkheid zoet, en werd het eerst in historische tijden zout of brak.

De duinen daarentegen zijn, als reeds is opgemerkt, oorspronkelijk ontstaan op de zandbanken aan de kust, of op het strand, en zij zijn soms door verstuiwing verplaatst, en komen te liggen op de lage landen daar achter, die toch met min of meer brak of zelfs zout water waren doordrongen.

Terwijl de duinen dus zijn ontstaan op gronden die met zout of brak water waren gedrenkt, is het eiland Urk een eiland, dat, nadat als het ware de poriën van den bodem met zoet water waren gevuld, met brak water in aanraking is gekomen.

De vraag is nog, wanneer het eiland Urk voor het eerst door zout water omringd is geweest.

De jongste afzetting, die op het hoge gedeelte van het eiland Urk wordt aangetroffen, is die van het landijs. Die ligt op het rivierdiluvium.

De afzettingen van het landijs zijn nog veel westelijker aangetroffen, zoo ook onder de duinen aan de Noordzee. Terwijl op Urk boven deze gletscherafzettingen geen jongere aardlagen liggen, zijn dezelfde afzettingen meer naar het westen lager gelegen en door jongere aardlagen bedekt.

Deze jongere aardlagen zijn gedeeltelijk zeeafzettingen, waaruit blijkt, dat meer westelijk van Urk de zee nog eenige malen meer landwaarts is ingedrongen dan nu het geval is.

Rondom Urk echter bestaat de bodem der zee nog uit het glaciële diluvium, en dit is niet met zeeafzettingen bedekt.

Het is daarom aannemelijk, dat de bodem der omgeving van Urk, die thans is bedekt door de Zuiderzee, niet vóór het ontstaan dezer binnenzee, door eene oudere binnenzee bedekt is geweest, en dat deze eerst tot beneden den zeespiegel is gedaald, nadat het haff, waarin de jongere afzettingen in het westen van ons land zijn ontstaan, reeds van de zee was afgesloten.

De oudste der postglaciële zeeafzettingen is die van het Eemstelsel.

Dr. Lorie was zoo welwillend mij mede te deelen dat het Eemstelsel rondom Urk niet bekend is.

Het is dus zeer goed mogelijk dat Urk tot na de afzetting van het Eemstelsel nog tot het vasteland behoorde.

Bij een latere indringing der zee werd een kleilaag afgezet, die over het geheel weder door veen is bedekt.

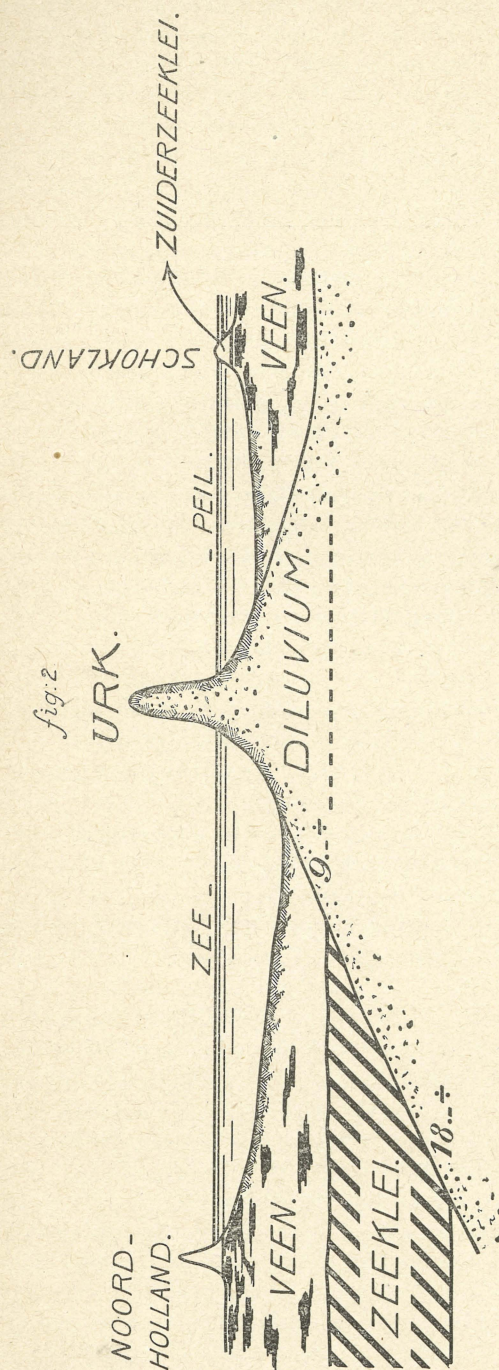
Dit veen ligt met den benedenkant in Noord-Holland op de bovenbedoelde klei, dieper dan de bodem der Zuiderzee rondom Urk. Op Schokland ¹⁾ en in Overijssel ligt dit veen direct op

¹⁾ J. Lorie. Contributions à la géologie des Pays-Bas. V. Les dunes intérieures, les tourbières basses et les oscillations du sol.

Arch. du Musée Teyler, Serie II Vol. III, bl. 424 1890.

den diluvialen ondergrond. Dat is schematisch afgebeeld in figuur 2.

Men zou daaruit kunnen afleiden, dat de om-



geving van Urk eerst tot beneden den zeespiegel daalde, toen de binnenzee reeds in een zoetwatermeer was overgegaan, dat met veen grootendeels dichtgroeide.

Het veen rondom Urk bestaat nu nog op het lage gedeelte van dit eiland en als in figuur 2 is aangegeven op Schokland. Ten deele is het weder met klei van de Zuiderzee bedekt.

Bij het begin onzer jaartelling was bij Urk nog veel veenland aanwezig en was het meer Flevo nog zoet, volgens J. C. Ramaer. ¹⁾

Door dit meer stroomde veel rivierwater en bij de vloedstroomen drong slechts weinig zee-water naar binnen.

In de middeleeuwen werd het meer Flevo grooter en werd de verbinding met de Noordzee wijder, zoodat de Zuiderzee ontstond. Er drong diensgevolge meer zeewater naar binnen, en het water werd brak zooals thans het geval is.

Er is op grond van het bovenstaande reden om aan te nemen, dat Urk voor het eerst in historische tijden met zout (of brak) water in aanraking kwam.

Het zoute water in den ondergrond van Urk zou dan van de Zuiderzee afkomstig zijn. Terwijl het chloorgehalte van de Zuiderzee bij Urk ongeveer 5870 mg/l. bedraagt, is op 154½ M. beneden volzee het chloorgehalte iets geringer en wel 5300 mg/l.

Nadat de eerste vraag, sedert hoe lang Urk met zout water in aanraking is gekomen, voor zoover mogelijk is beantwoord, en dus ongeveer is vastgesteld sedert hoe lang zout water in den ondergrond aanwezig kan zijn, kan men zich een tweede vraag stellen en wel deze: „Is de verzouting van den ondergrond van Urk reeds voltooid?” M. a. w. „is de eindtoestand reeds bereikt?”

Ten einde deze vraag te beantwoorden, dienen eerst eenige opmerkingen te worden gemaakt over het water in den ondergrond der duinen, waarover door uitgebreide onderzoekingen reeds zoo veel meer bekend is.

Daar is de toestand, zooals boven is besproken, in zooverre anders, dat bij het begin der duinvorming de ondergrond met zeewater was doordrongen, en het zoete water dus eerst later het zoute water verdrong. De duinen toch zijn,

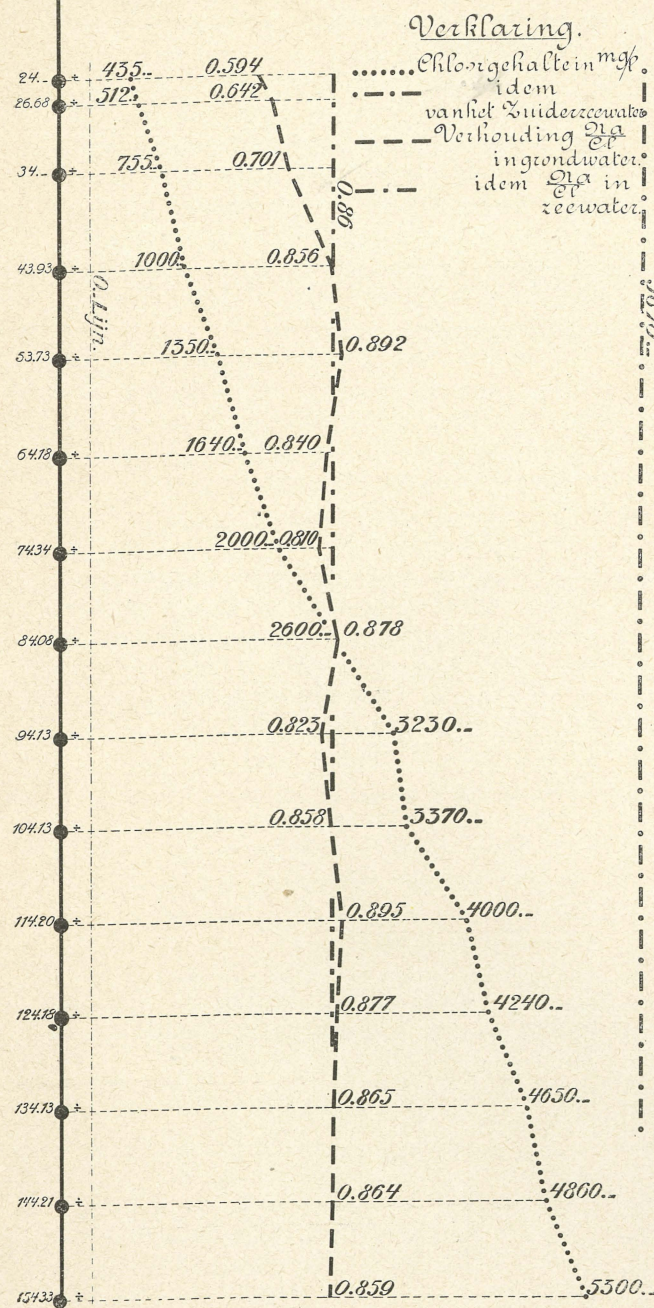
¹⁾ P. Harting. Het eiland Urk, zijn bodem, voortbrengselen en bewoners, Utrecht 1853 bl. 22 en W. C. H. Staring. Het eiland Urk volgens den Hoogleeraar P. Harting en het Nederlandsche Diluvium. Verh. der Comm. voor de geologische kaart van Nederland 2e deel 1854 blz. 165.

²⁾ Het hart van Nederland in vroegere eeuwen. Tijdschrift van het Aard. Genootschap, 2e Serie, Deel XXX 1913 blz. 279—310.

als reeds is opgemerkt, ontstaan op zandbanken of op het strand, en zij zijn dikwijls verder

Volzee.

fig.3. Boring op het eiland Urk.



gestoven over de lage landen daarachter, die ook in den regel met min of meer zout water

zijn doordrongen. Waar nu het zoete neerslagwater diep doordringt, geschiedt dit het eerst daar waar de strooming het snelste plaats heeft en dus in de grofste lagen.

Wanneer onder de duinen het zoete water nog bezig is het zoute water uit te loogen, wordt dan ook een geringer zoutgehalte aangetroffen in het water, dat zich bevindt in de grofste lagen, dan in dat der fijnere lagen. In de grovere lagen treft men dus, wanneer de uitlooiing nog niet is voltooid, uitloopers van zoet water, de z.g. zoetwater-apophysen. ¹⁾

In de fijnere zandlagen en overal in de kleilagen blijven dan ingesloten zoutwatermassa's de z.g. „zoutwater-enclaves”.

In den ondergrond van Urk, waar het zoute water het zoete water verdringt, zou men dus het omgekeerde kunnen aantreffen: enclaves van zoet water in de fijnere lagen.

Men kan waarnemen in figuur 3, dat de toename van het chloorgehalte naar de diepte niet geheel regelmatig is, maar bepaalde zoetwater-enclaves zijn toch niet waargenomen. Er zijn echter geen monsters genomen in minder doorbringbare aardlagen, die ook bijna niet werden aangetroffen.

Voor de aanwezigheid van zoetwaterenclaves zijn de omstandigheden derhalve niet gunstig en er zijn geen watermonsters genomen daar, waar de enclaves zouden moeten zijn.

Ten slotte is ook de indringing van het zoute water onder Urk veel rustiger dan die van het zoet water in de duinen.

Het indringende zoute water onder Urk zal er naar streven een eindtoestand van rust te bereiken.

Het in de duinen indringende zoete water daarentegen streeft er niet naar, een toestand van rust te bereiken. Het is en blijft het door den bodem afvloeiende neerslagwater, dat steeds van boven wordt gevoed en bij den eindtoestand ook zal blijven circuleeren.

Bij de indringing van zoet water in den ondergrond der duinen treden dus veel sterkere evenwichtsstoringen op, dan bij de indringing van het zoute water onder Urk. Dat geen zoetwater-enclaves zijn gevonden, bewijst dus volstrekt niet, dat reeds een eindtoestand is bereikt.

¹⁾ J. Versluys. Over het duinwater. Verslag der Geol. Sectie van het Geol. Mijnb. Genootschap v. Nederland en Koloniën. Deel II blz. 24—30. 1915.

Indien nu deze verhouding grooter is, dan uit de berekening zou volgen, heeft het water natrium van den bodem opgenomen. Is de ver-

Uit het feit, dat geene enclaves en apophysen zijn waargenomen, kan hier dus niet worden afgeleid, dat de eindtoestand nog niet is bereikt.

Er is nog een ander verschijnsel, dat mogelijk maakt uit de samenstelling der in het water opgeloste zouten waar te nemen, dat de eindtoestand niet is bereikt.

Ten einde dit nader toe te lichten, dient eerst het een en ander nader te worden medegedeeld omtrent de scheikundige samenstelling van het zeewater en van het grondwater.

Het zeewater bevat als voornaamste bestanddeelen der opgeloste zouten chloor en natrium. Verder nog in belangrijke hoeveelheden kalium, calcium, magnesium, en SO_4 (zwavelzuur).

Het kalium wordt meestal als natrium berekend en verder zal dus, waar natrium wordt genoemd, worden bedoeld de som van kalium en natrium.

Waar nu in den ondergrond, bijvoorbeeld in dien der duinen, zeewater gemengd met neerslagwater voorkomt, zou de graad der menging oogenschoonlijk kunnen worden afgeleid uit elk der bestanddeelen van de opgeloste zouten, zoo men de samenstelling van het zeewater en die van het neerslagwater kende.

Dit is echter slechts met een enkel bestanddeel het geval. Het water kan in den bodem nog eenige bestanddeelen opnemen of verliezen. Bijvoorbeeld, zoo lang het water nog koolzuur bevat, kan het kalk uit den bodem oplossen, SO_4 daarentegen kan in den bodem worden gereduceerd en onoplosbare sulfiden vormen, die zich afzetten.

Het eenige bestanddeel der opgeloste zouten, dat in den bodem van ons land practisch geen onoplosbare verbindingen kan aangaan, is chloor. Daarom is dus het chloorgehalte het eenige waaruit de graad van menging met zekerheid kan worden afgeleid.

Indien zuivere menging plaats had zonder meer, zou de verhouding waarin twee bestanddeelen in het water voorkomen, kunnen worden berekend uit de analyses der twee soorten water die met elkaar zijn gemengd, aangezien dan voor iederen graad van menging het gehalte van elk bestanddeel zou kunnen worden berekend.

Zoo zou bij zuivere menging niet alleen het chloorgehalte, doch ook het natriumgehalte en derhalve de verhouding $\frac{Na}{Cl}$ voor ieder chloorgehalte kunnen worden berekend.

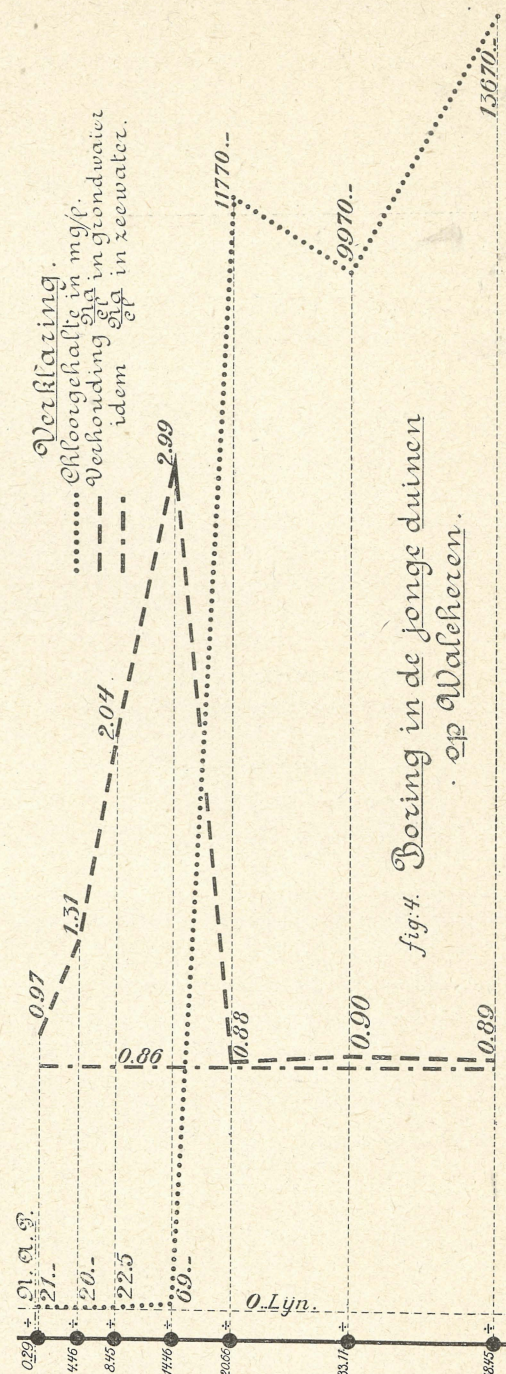


fig.4. Boring in de jonge duinen op Waleheren.

houding daarentegen kleiner dan heeft het water natrium aan den bodem afgestaan.

Het is gebleken, dat in den ondergrond der duinen, waar het zoete water het zoute water

verdringt, het gemengde water een grooter getal voor de verhouding $\frac{\text{Na}}{\text{Cl}}$ krijgt, dan bij eenvoudige menging uit het chloorgehalte zou volgen.

Dit verschijnsel kan eenvoudig worden verklaard door de z.g. bodemabsorptie.¹⁾

In den bodem zijn stoffen aanwezig, die het natrium uit sterk natriumhoudend water kunnen opnemen, of beter nog, andere elementen uitwisselen tegen natrium.

Waar vroeger zout water was, heeft de bodem daaruit natrium opgenomen.

Stroomt door denzelfden bodem later kalkhoudend water met weinig natrium, dan staat de bodem natrium aan het water af. Dan verkrijgt men water waarin de verhouding $\frac{\text{Na}}{\text{Cl}}$ zeer groot wordt, grooter dan zou overeenkomen met het chloorgehalte, zoo het water alleen gemengd was.

Zeër duidelijk is dit vooral onder jonge duinen. In figuur 4 kan men het zien. Deze betreft een boring in de zeer jonge duinen op Walcheren.

Onder Urk nu is het tegengestelde het geval. Daar is blijkens de voorgeschiedenis zout water bezig het oorspronkelijk zoete water te verdringen. Het zoete water is dus nog bezig natrium aan den bodem af te staan, en de verhouding

$\frac{\text{Na}}{\text{Cl}}$ moet dus laag zijn. Dit is inderdaad zoo aangetroffen. In het diepe water ziet men (zie figuur 3) de lijn $\frac{\text{Na}}{\text{Cl}}$ van het grondwater vrijwel samenvallen met die welke zou worden berekend voor het gemengde water.

Op geringere diepte, waar de verzouting nog minder ver is gevorderd en de bodem nog in staat is zeer veel natrium op te nemen, ziet men eene sterke afwijking en wel zoo, dat de verhouding $\frac{\text{Na}}{\text{Cl}}$ klein is.

Het is van veel belang deze boringen van Urk en Walcheren met elkaar te vergelijken, omdat men voor de plaatsen van beide boringen een idee heeft omtrent het tijdstip, waarop de wijziging in den toestand is begonnen.

¹⁾ J. Versluys. Chemische werkingen in den ondergrond der duinen. Verslag van de Gewone Vergadering der Wis- en Natk. Afd. der Kon. Akademie v. Wetenschappen, te Amsterdam van 25 Maart 1916 Deel XXIV blz. 1671—1676.

Het is n.l. bekend dat de duinen op Walcheren, waarvoor figuur 4 is geteekend, in de laatste drie eeuwen zijn ontstaan.¹⁾

Voor Urk is met vrij groote zekerheid bekend, dat de werkelijke verzouting van de open wateren, waardoor het eiland is omringd, eerst in historische tijden is begonnen.

Er is dus reden om aan te nemen, dat het zoute water in Urk afkomstig is van de Zuiderzee.

Het verschil, dat de samenstelling der in het water opgeloste zouten voor Urk vertoont met die in de jonge duinen, stemt met de wijze van het ontstaan van de tegenwoordige toestanden overeen.

Voor Urk nu wijst, als reeds is opgemerkt, de samenstelling dier zouten er op, dat het zoute water nog doorgaat het zoete water te verdringen.

De zoetwatervoorraad, die toch al een niet al te gering chloorgehalte heeft, zal dus nog wel afnemen of eigenlijk, het chloorgehalte zal nog hooger worden.

De bodem van het eiland Urk bestaat tot ongeveer 10 M. — N. A. P. uit de meer besproken gletscherafzettingen, het keileem en het keizand en deze zijn tot op eenigen afstand rondom het eiland Urk op den bodem der Zuiderzee waargenomen. De banken van keileem laten het water niet gemakkelijk door en vermoedelijk moet het daaraan worden toegeschreven, dat het zoete water nog niet veel verder is verdrongen. Dat het water op groote diepte zoo veel zouter is dan vlak onder het keileem, wijst er op, dat de indringing van zout water in den bodem hoofdzakelijk op eenigen afstand van Urk geschiedt, vermoedelijk op plaatsen, waar het keileem en het keizand zijn onderbroken.

Indien wordt aangenomen om de reeds besproken redenen, dat het zoute water onder Urk eerst sedert het ontstaan der Zuiderzee in den bodem is gedrongen, blijft nog over na te gaan vanwaar het zoete water afkomstig kan zijn.

Eene mogelijkheid is, dat het zoete water nog slechts in den bodem is opgesloten en bezig is te ontwijken.

Ook is denkbaar, dat het water steeds wordt ververscht door toevoer óf van boven, óf van het vaste land af.

¹⁾ Zie de kaart van A. J. Boom van 1846 in het werk van C. de Waard: „De rand van het eiland Walcheren in 1546”, in het archief van het Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen 1912 blz. 129—158.

Een voortdurende toevoer van elders kan toch zeer goed samengaan met eene afname der zoetwatermassa.

Een toevoer van boven, dus op dezelfde wijze als in de duinen, heeft waarschijnlijk niet plaats.

In het keileem toch zijn eenige zandlagen waarin de inwoners een menigte putten hebben aangebracht.

In een dezer zandlagen, waarvan de onderzijde ongeveer 1.104 M. beneden volzee ligt, heeft het water een grooter zoutgehalte dan het water in het rivierdiluvium¹⁾. Deze laag nu is onder het hooge gedeelte van Urk bijna overal gevonden.

Bij zeer laag water in de Zuiderzee, verdwijnt steeds het water uit de putten in deze zandlaag.

Daarin bevindt zich dus vermoedelijk een mengsel van ingedrongen neerslagwater met zeewater.

Dat de zoetwatermassa onder Urk door daar ter plaatse ingezonken neerslagwater wordt gevoed, is dus niet waarschijnlijk.

Wat nu betreft een mogelijken toevoer van water van het vasteland af, kan men slechts veronderstellingen maken.

Zeër waarschijnlijk is het, dat oorspronkelijk zoet water in het rivierdiluvium, dus onder het keileem, zich van het oosten naar het westen bewoog.

Van dit grondwater is het onder Urk aanwezige zoete water nog een overblijfsel, en wel een overblijfsel, dat bezig is af te nemen door indringend zeewater.

Mogelijk is, dat zulk eene beweging thans

¹⁾ Zie de bovenvermelde werken van Harting en Staring.

nog onder Urk plaats heeft, en dan zal de verzouting een grens bereiken, wanneer zij evenwicht maakt met den toevoer van zoet water. Er is echter nog geen bewijs geleverd, dat thans nog zoet water van het vasteland zich tot onder Urk beweegt, en ik zal mij dan ook voorloopig onthouden van het uitspreken van eene meening in deze kwestie.

Hiermede heb ik gezegd, hetgeen valt mede te deelen over den hydrologischen toestand van Urk.

Alvorens te eindigen betuig ik mijn dank aan den heer J. van Oldenborgh, den Directeur van het Rijksbureau voor Drinkwatervoorziening, voor de bereidwilligheid, waarmede ik in staat werd gesteld gebruik te maken van de gegevens van het Rijksbureau.

De Voorzitter: Ik dank den heer Versluys voor zijne zeer belangwekkende mededeelingen aangaande den hydrologischen toestand in dat kleine gedeelte van ons land.

Mag ik vragen, of de heer Versluys bereid is eventueele vragen te beantwoorden?

De heer Versluys: Gaarne, Mijnheer de Voorzitter!

De heer Verkoren: Ik zou den heer Versluys willen vragen, of de grondsoorten, welke bij de boringen gevonden zijn, bekend zijn gemaakt.

De heer Versluys: De grondsoorten zijn beschreven door den heer Steenhuis in 1915 in het Tijdschrift van het Aardrijkskundig Genootschap. Daar is een volledige staat ervan verschenen.

Het is niet de dissertatie van den heer Steenhuis maar een kleine verhandeling in het Tijdschrift van genoemd Genootschap. (Zie de eerste noot op bl. 1).