

ZOUT IN NEDERLAND

Hemmo Veenstra

Geologie

Het is algemeen bekend dat het noordoosten van Nederland rijk is aan delfstoffen, zoals aardgas en zout. Onder *delfstoffen* verstaat men natuurlijke grondstoffen, die door de mens nuttig gebruikt kunnen worden. Ze kunnen zowel van organische oorsprong (bv. veen, bruinkool, kolen, olie, gas), van anorganische oorsprong (bv. zand, grind, klei, erts, zout), of van gemengde oorsprong zijn (bv. kalksteen).

Het woord delven (= graven) moet hierbij niet zo letterlijk opgevat worden, want al worden olie, gas, zout, zand en grind veelal opgepompt, men spreekt toch van delfstoffen.

Bij olie en gas staan de reservoirs die zich in de poriën van gesteenten bevinden, veelal onder druk. Indien een dergelijk reservoir wordt aangeboord kan de delfstof vaak op eigen kracht naar de oppervlakte komen. Bij de zoutwinning in Nederland gebruikt men water, dat naar beneden door de zoutlaag gepompt wordt, het zout oplost en vervolgens door een tweede boorgat als pekkel naar boven komt. De pekkel wordt weer ingedampt en levert het keukenzout.

De zoutlagen in Noord-Nederland behoren tot het Zechstein (= Boven Perm) (zie fig 1). Ze zijn voor de gaswinning in zoverre van belang dat ze de gashoudende zandsteen van het Rotliegendes afsluiten, zodat het gas in de loop der tijden niet naar boven kon ontsnappen. In grote trekken vormen de zoutlagen uit het Zechstein een opwelling (fig 2), doorsneden door breuken.

Gaan we de zaak meer in detail bekijken, dan vormt het zoutpakket een onregelmatig oppervlak met hoogteverschillen van soms 2400 m over 3 km, zoals ten westen van Winschoten (fig 3). We nemen verdikkingen

miljoenen jaren geleden	periode	tijdvak	enkele belangrijke delfstoffen in Nederland (* = winning stopgezet)
0.01	Kwartair	Holoceen	klei; zand; veen (Klazienaveen)
2.5		Pleistoceen	klei; zand; grind (Roermond)
65	Tertiair		klei; zand; grind; bruinkool* (Eygelshoven)
140	Krijt		kalksteen; olie (Schoonebeek, Zuid-Holland)
195	Jura		
230	Trias	Keuper	
		Muschelkalk	mergel (Winterswijk)
		Buntsandstein	zout (Boekelo)
280	Perm	Zechstein Rotliegendes	zout (Winschoten) aardgas (Slochteren)
345	Carboon		steenkool*

fig 1 Stratigrafische tabel

in de zoutlagen waar, zgn. *zoutkussens*, alsmede omhoog gekomen ruggen, zgn. *zouthorsten* en cilinderuitstulpingen, de zgn. *zoutpijlers*.

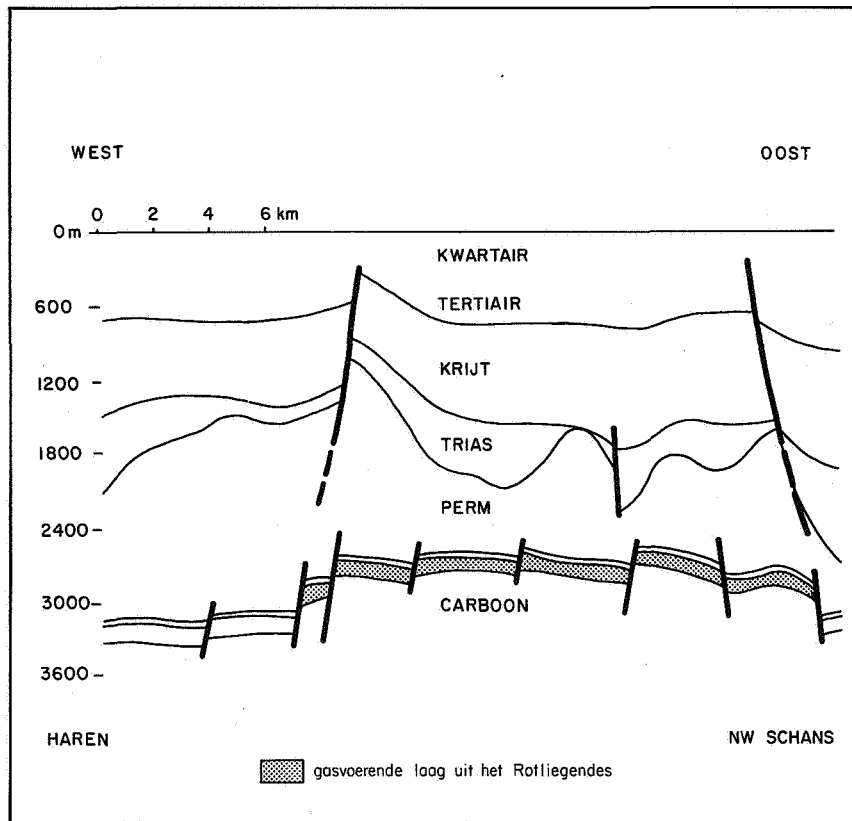
Zoutafzettingen

Uit boringen blijkt, dat we in onze ondergrond te maken hebben met zoutlagen, die bij Winterswijk zo'n 100 m en in Midden-Drente een 800 m dik zijn. Het grootste gedeelte van de zoutafzettingen in Nederland bestaat uit steenzout (= keukenzout) NaCl, maar ook andere zouten komen voor.

Uit planten- en schelpresten blijkt dat de kleien en mergels tussen de zoutlagen tot het Boven Perm of Zechstein behoren. Vanwege de trogvormige verbreding van de zoutpakketten in de ondergrond spreekt men in dit geval van Zechsteinbekken (fig 4).

Niet alle zout in de nederlandse ondergrond is echter in het Perm gevormd. De zoutlagen die vroeger te Boekelo en thans bij Hengelo op een diepte van 300 m door de AKZO worden ontgonnen, behoren tot de Buntsandstein (= 0. Trias), een pakket van meestal roodgekleurde zandstenen met daartussen soms kleilagen, gipslagen en zout.

Om de vormingswijze te begrijpen gaat men uit van een warm klimaat, waarin een



uitgestrekt zeebekken door een ondiepe drempel of een reeks koraalriffen van de open oceaan was afgescheiden. Deze drempel kwam in de loop van enkele tientallen miljoenen jaren langzaam omhoog en tenslotte geheel boven water, waarna aan de afzettingen in het bekken een einde kwam.

Door de hoge temperatuur en de slechte doorstroming van het bekken werd de zoutconcentratie in de diepte groter, totdat er zouten werden neergeslagen. Nu is de volgorde in de afzettingen als volgt:

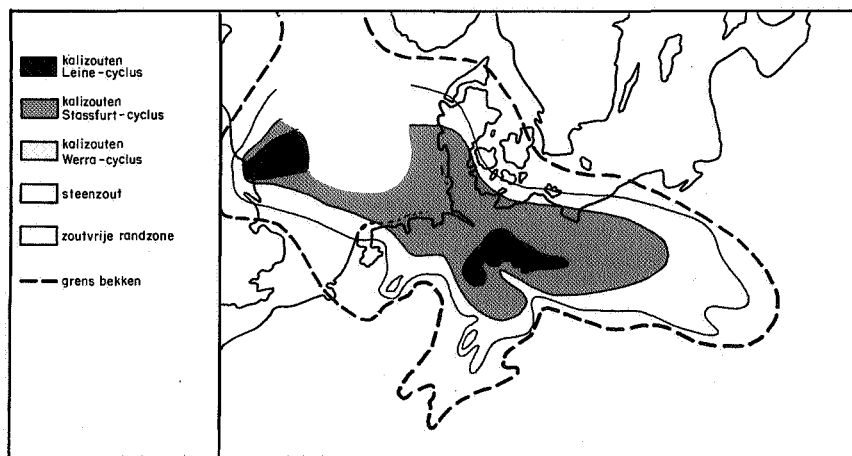
- 1 Klei en zand. Hierna ontstaan chemische verbindingen volgens de zgn. indampingsreeks.
- 2 Karbonaten zoals kalksteen en dolomiet.
- 3 Gips, wat in de loop der tijden rekrystaliseert tot anhydriet.
- 4 Zouten; eerst NaCl (steenzout), vervolgens K-sulfaten en K-chloride en tenslotte Mg-sulfaten en Mg-chloride, die het beste oplosbaar zijn en daardoor het laatste neerslaan.

Bij een hernieuwde toevoer van vers oceaanwater kunnen we de omgekeerde reeks van afzettingen verwachten, terwijl bij abrupte veranderingen, zoals modderstromen of zandstormen uit de omgeving van het bekken de zoutlagen direct door klei of zand bedekt kunnen worden.

In een volledige serie afzettingen krijgen we als laatste de K- en Mg-zouten, die vroeger als Abraumsalze werden opgeslagen, maar thans voor de kunstmestbereiding waardevol zijn. Naast KCl en MgCl₂ bevinden zich hieronder talrijke complexe zouten, zoals bv. polyhaliet en karnalliet.

Zeewater heeft een gemiddeld zoutgehalte van 3.5%. Het is te beschouwen als een oplossing met verschillende ionen, zodat

fig 2 Profiel Haren - Winschoten
fig 4 Uitbreiding Zechsteinbekken



het eigenlijk niet mogelijk is te zeggen welke zouten in het zeewater aanwezig zijn. Het hangt van de omstandigheden tijdens de indamping af welke zouten men krijgt.

Men zou het zoutgehalte van de zee kunnen denken opgebouwd uit de volgende zouten:

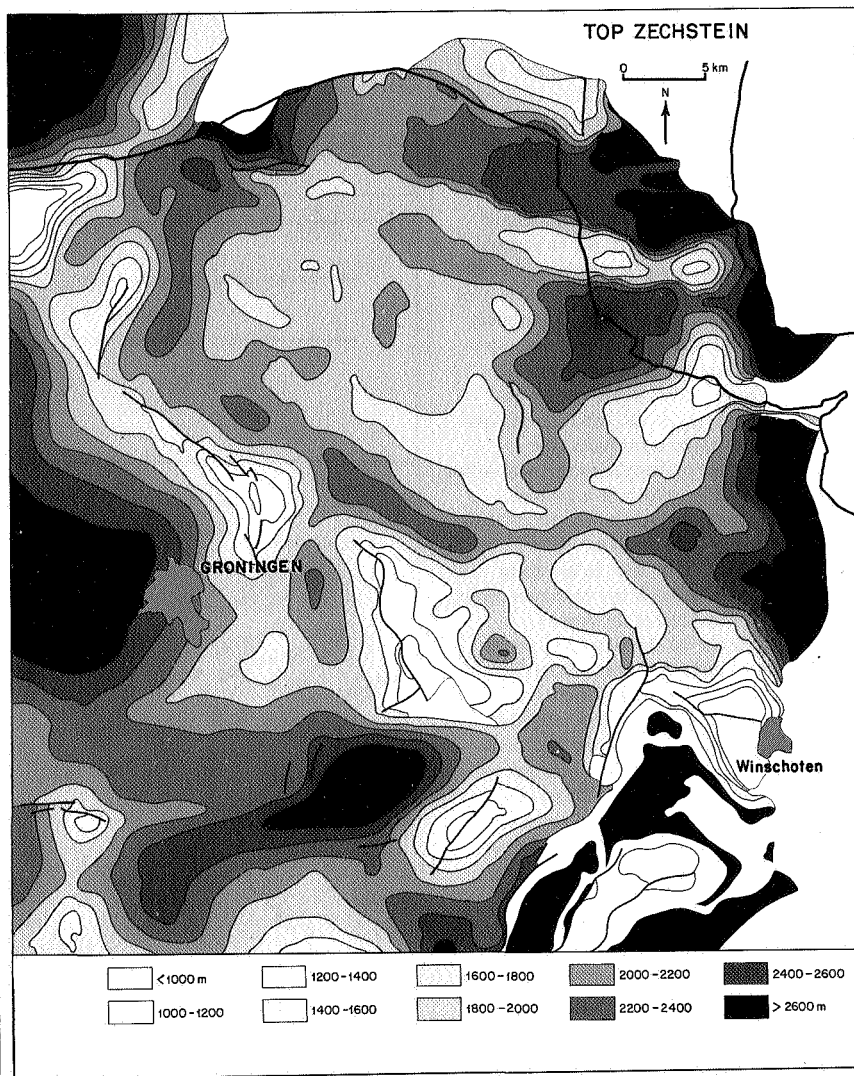
NaCl	78.03%
NaF	0.01
KCl	2.11
MgCl ₂	9.21
MgBr ₂	0.25
MgSO ₄	6.53
CaSO ₄	3.48
SrSO ₄	0.05
CaCO ₃	0.33
	<hr/>
	100.00%

In elk geval blijkt, dat keuzenzout NaCl de hoofdrol speelt, gevolgd door Mg-zouten, anhydriet CaSO₄ en sylvien KCl. Men heeft wel eens berekend dat voor een gevarieerd zoutpakket van 800 m een verticale zeewaterkolom van 50 km nodig is. Het is dus wel duidelijk dat er voor de vorming van een dik zoutpakket een voortdurende aanvoer van vers zeewater nodig is.

In het nederlands-duits Zechsteinbekken zijn van oud naar jong een viertal cycli te onderscheiden, nl. de Werra, Stassfurt, Leine- en Aller-cyklus. De onderste drie cycli bevatten een vrijwel complete indampingsreeks t/m K- en Mg-zouten, de laatste cyclus is onvolledig en bevat geen K-zouten meer (fig 5).

Ook wat betreft de horizontale uitbreiding van de afzettingen uit het Zechsteinbekken wordt de indampingsreeks in grote trekken gevolgd, aangezien het bekken in de loop van het Zechstein kleiner werd. Aan de randen van het bekken vindt men

fig 3 Diepte bovenkant Zechstein in oostelijk Groningen



kleigesteenten, vervolgens dolomiet, steenzout en centraal gelegen de kali-zouten (fig 4).

Uit de uitbreiding van het bekken kan men zien dat men bv. niet in Zuid-Holland of Noord-Brabant naar Zechsteinzout behoef te boren; immers het werd daar nooit afgezet.

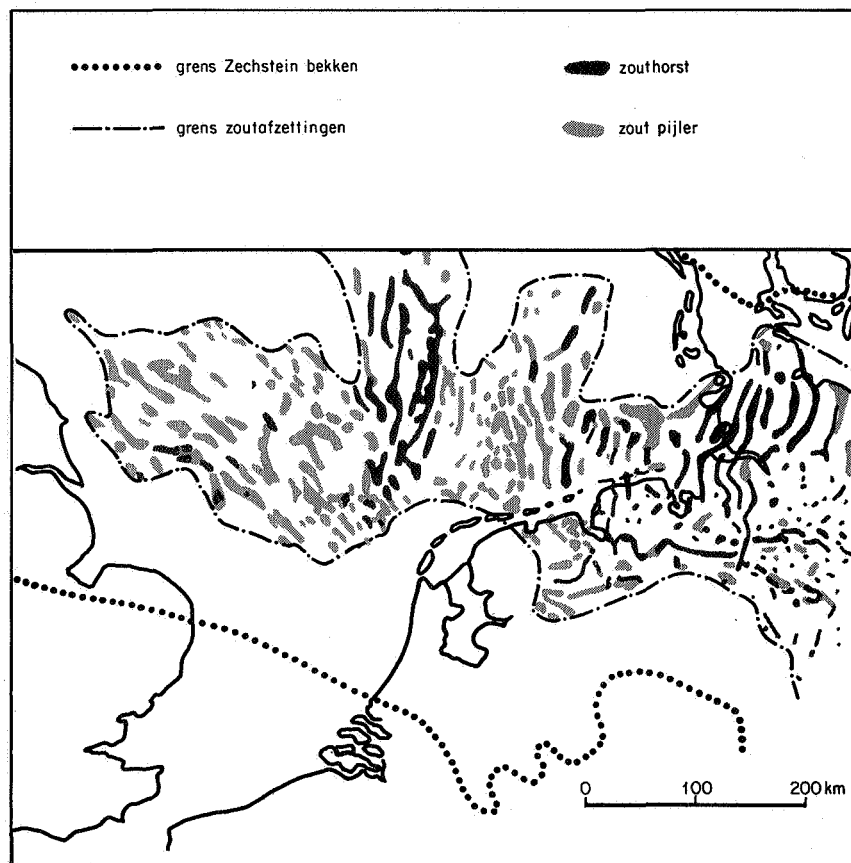
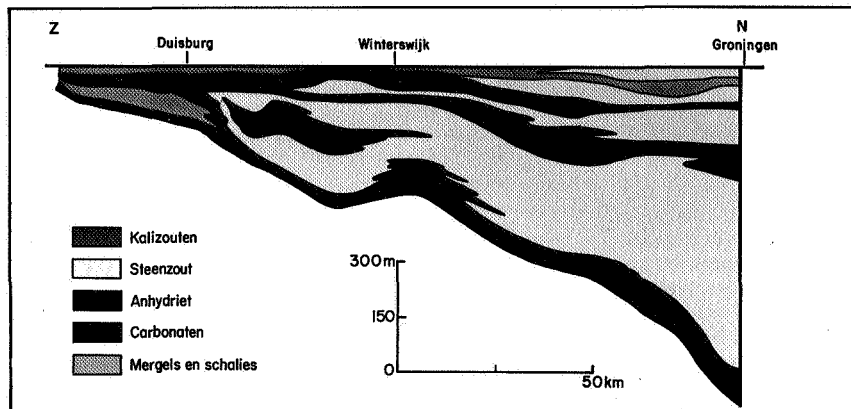
Zoutpijlers

Reeds lang waren in Noord-Duitsland een tweetal heuvels bekend, die in verband staan met een eronder gelegen zoutpijler. Het zijn de zgn. Kalkberg (top 91 m + N.N.) bij Segeberg, 50 km ten noorden van Hamburg (fig 6) en de 60 m hoge Kalkberg waarop Lüneburg, 40 km ten zuidoosten van Hamburg, is gebouwd. Beide zoutpijlers hebben een zgn. gipshoed, beter gezegd een anhydrythoed. Deze is ontstaan door oplossing van het omhoogkomende zout in het grondwater. Het onoplosbare anhydriet bleef op de zoutpijler achter. Op de zoutpijler van Winschoten is de gipshoed 40 m en op die van Schoonlo 75 m dik. In sommige gevallen is, vermoedelijk tgv bacteriewerking, de anhydriet gereduceerd tot zwavel. Zodoende worden op de zoutpijlers van de Amerikaanse Gulf Coast zeer belangrijke zwavelafzettingen ontgonnen. Het Amerikaanse zout is grotendeels in de Jura afgezet. In het nederlands-duits Zechsteinbekken komt zwavel slechts in zeer geringe hoeveelheden voor. Een wellicht minder algemeen bekend voorbeeld van een zoutpijler van Zechsteinzout vormt Helgoland, grotendeels opgebouwd uit rode Buntsandstein (O. Trias). De zoutpijler eronder is door boringen aangetoond.

In de laatste helft van de vorige eeuw

fig 5 Vertikale N-Z doorsnede door Zechsteinbekken

fig 7 Ligging zoutpijlers in Nederland en omgeving



heeft men in Duitsland dmv. boringen talrijke zouthorsten aangetoond, waarin men zoutmijnen aanlegde. Na de eerste wereldoorlog kreeg men de beschikking over gevoelige instrumenten, die de aantrekking van de zwaartekracht konden registreren. Omdat de dichtheid van steenzout (2.2) geringer is dan van andere gesteenten (2.4), zal men boven zouthorsten en zoutpijlers een tekort aan zwaartekracht meten tov. de omgeving. Ook door middel van de reflektiemethode, waarbij explosietrillingen worden geregistreerd, krijgt men een goed inzicht in de bouw van de aardkorst. De plaats van zoutpijlers en zouthorsten is tegenwoordig dan ook nauwkeurig bekend, ook in de aangrenzende Noordzee (fig 7). Een kaart van het oostelijk deel van de provincie Groningen met de diepten, waarop de zoutlagen uit de Zechstein worden aangetroffen, geeft fig 3. Ten westen van Winschoten zien we uit de dichte ligging van de dieptelijnen dat zich daar een zoutpijler bevindt.

Nu is de dichtheid van steenzout ca. 2.2, terwijl die van gewone afzettingsgesteenten zoals zandsteen en kleischalie ca. 2.5 bedraagt. Naast steenzout komen ook andere zouten voor, variërend van anhydriet met een dichtheid van 2.9 tot karnalliet met een dichtheid van 1.6, maar die zijn kwantitatief niet belangrijk genoeg, om de gemiddelde dichtheid van het zoutpakket te beïnvloeden.

De dichtheid van sedimenten (= afzettingsgesteenten) kan naar gelang samenstelling en poriëgehalte ook sterk wisselen, bv. schalie 2.7 een zandsteen 2.3. De onderstaande getallen zijn dan ook gemiddelden. Ligt een zoutlaag op 3000 m diepte, dan is de druk van het bovenliggende gesteentepakket met een dichtheid van 2.5 een 750 kg/cm^2 (= 750 atm.). Van steenzout NaCl is bekend, dat het onder hoge druk (bv. 500 kg/cm^2) gaat vloeien. Nu zal bij een normale opbouw van de aardkorst met toenemende diepte de

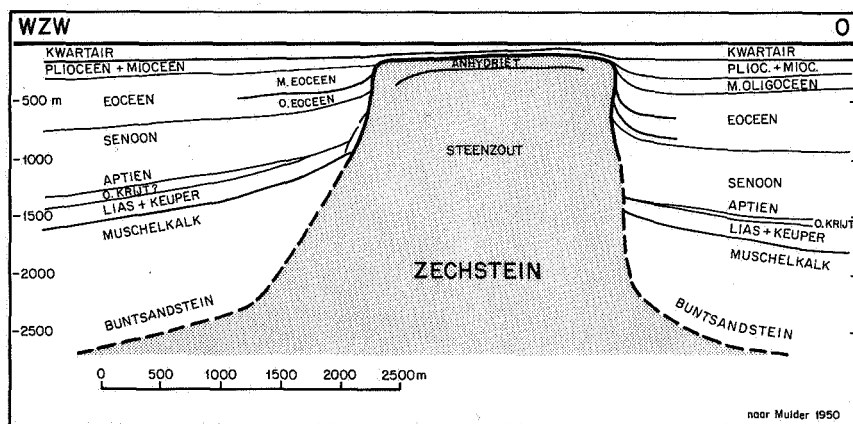


fig 8 Doorsnede zoutpijler Schoonlo

dichtheid toenemen, omdat door het gewicht van de bedekkende lagen de pakking van de samenstellende deeltjes dichter wordt. Als er tussen de normale afzettingsgesteenten nu een zoutlaag van geringe dichtheid ligt, dan is er sprake van een instabiele opbouw. Deze opbouw kan tgv. zijdelingse druk worden verstoord.

Uit de geologische geschiedenis van de aardkorst zijn talrijke plooiingsperioden bekend, perioden waarin de gesteenten soms tot hoge gebergten geplooid werden, zoals bv. de Alpen en de Himalaya gedurende het Tertiair. Naast plooiingen komen ook vaak verschuivingen voor langs breukvlakken. De oorzaak van de zijdelingse druk is te zoeken in het verschuiven van delen van de aardkorst tov. elkaar.

Voor al in het Krijt trad in Nedersachsen en Nederland de zgn. Saxonische plooiingsfase op. Het Teutoburger Woud dankt zijn ontstaan eraan. De afzettingen in de Nederlandse ondergrond werden ook geplooid en

van breuken voorzien (fig 2).

Het zich plastisch gedragende zout kon zodoende omhooggeperst worden. In de natuur wordt steeds naar een evenwichtstoestand gestreeft, die bereikt is als er voldoende zout zijdelings is toegevloeid. Immers 2000 m sediment met een dichtheid van 2.5 komt in gewicht overeen met ongeveer 2275 m steenzout met een dichtheid van 2.2. In dit globale voorbeeld zou dus een zoutpijler 275 m boven het aardoppervlak uitsteken. In ons gematigd klimaat zal dit nooit kunnen gebeuren, omdat door het rijkelijk aanwezige grondwater het zout wordt opgelost. In droge landstreken, zoals Zuid-Iran, kent men wel zoutpijlers, die aan het oppervlak komen en soms zelfs aanleiding geven tot zoutgletsjers.

Uit fig 8, waarop een doorsnede van de zoutpijler van Schoonlo staat afgebeeld, zou men kunnen afleiden, dat deze zoutpijler thans niet meer omhoogkomen. Immers de lagen uit het onderste deel van het Kwartair zijn nog iets naar boven meegeslept. De jongere afzettingen van het Boven Pleistocene en het

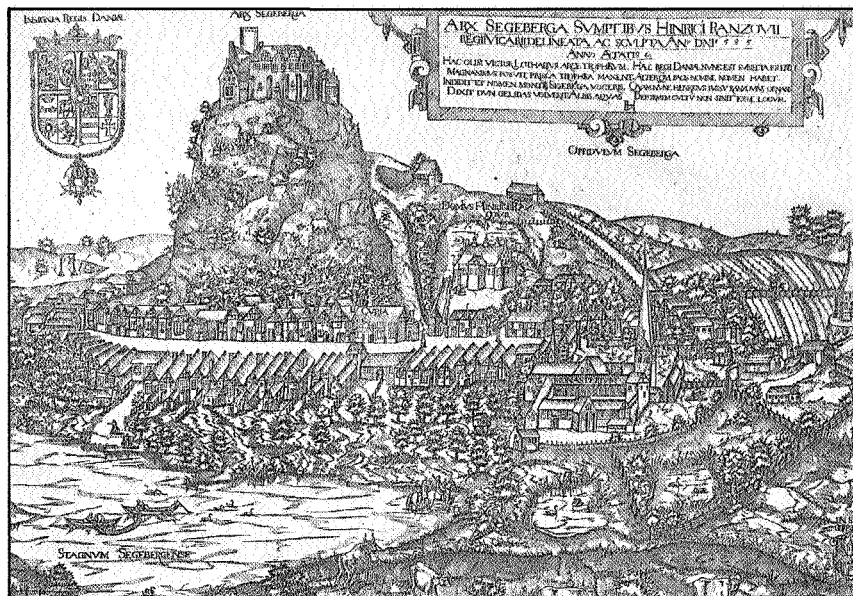


fig 6 Kalkberg bij Segeberg

Holoceen lijken niet meer beïnvloed te zijn, want ze liggen horizontaal erover heen. Dat zou betekenen dat gedurende de afgelopen 1.000.000 jaar de zoutpijler van Schoonlo niet meer actief omhooggekomen zou zijn. Hiertegen pleiten geleidbaarheidsmetingen van het dieper gelegen grondwater (Gischler, 1967) nabij deze zoutpijler. De geleidbaarheid van het grondwater tussen 40 en 80 m in Noord-Drente is slecht, behalve bij Schoonlo, hetgeen wil zeggen dat daar het diepere grondwater veel zouter is dan verwacht kon worden. De invloed van zee-afzettingen die nog oorspronkelijk zoutwater bevatten, zoals in onze kustgebieden op de bestudeerde

diepte, kan in Noord-Drente worden uitgesloten. De conclusie is daarom dat er nog steeds zout oplost.

In Schleswig-Holstein zijn zoutpijlers bekend, die misschien ook nu nog omhoog komen. Bij de zoutpijler Peissen, op 12 km ten noordoosten van Itzehoe heeft men met precisie-waterpassingen een hoogtevermeerdering van 1.4 cm in 22 jaar gemeten, dus 6 cm per eeuw, terwijl er buiten geen hoogteverschillen werden gemeten. Men moet zich echter wel realiseren, dat de meetfouten bij waterpassingen van dezelfde grootte-orde kunnen zijn.

Het is zeker, dat de Pleistocene ijsbedekkingen in Schleswig-Holstein het oppersen van zout weer geactiveerd hebben, de laatste keer ca. 50.000 jaar geleden. Men kan dat

zien uit de wijze waarop smeltwaterafzettingen van de ijskap zijn afgezet, immers een omhoogkomende zoutpijler kan aan de oppervlakte een heuvel vormen (bv. Segeberg) en daarop kan veel minder sediment worden afgezet dan in een bekken. Ook komvormige verdiepingen boven een zoutpijler zijn bekend (bv. Peissen), omdat het omhoogkomende zout sneller werd opgelost door het grondwater dan het van onderen werd aangevuld.

Uit waterpassingen blijkt, dat de zoutpijler van Segeberg per jaar 1 mm omhoogkomt. Ook bij de zoutpijler van Lüneburg heeft men een dergelijke opheffing gevonden. Het oude stadsdeel van Lüneburg ligt op de zoutpijler en is onderhevig aan ernstige verzakkingen, omdat men vroeger ten behoeve van de zoutwinning veel pekkel opgepompt heeft, zodat er in de ondergrond holten zijn ontstaan. Er worden nu nog verzakkingen van zelfs 30 cm in 10 jaar gemeten. Doordat men deze toestand voortdurend in het oog houdt via metingen, gaat men hier als vaststaand aannemen, dat de zoutpijler nog steeds iets naar boven komt. De verzakkingen hebben daar niets mee te maken, want die zijn het gevolg van menselijke activiteit.

De dikte van de uit Scandinavië afkomstige ijskappen schat men in Schleswig-Holstein op 500 meter en in Nederland, waar slechts één ijsbedekking uit het Boven Pleistoceen bekend is, op 200 meter. Bij een dichtheid van het ijs van 0.9 geeft dat een extra belasting van resp. 45 kg/cm² (tweemaal) in Schleswig-Holstein en 18 kg/cm² in NO-Nederland. In verhouding tot de sedimentbelasting zijn dit geen hoge waarden, zodat de Pleistocene ijsbedekking in Nederland nauwelijks van enige invloed op de zoutoppersing geweest kan zijn. ■

Dr. H.J. Veenstra is geoloog op het Geologisch Instituut van de RU Groningen.