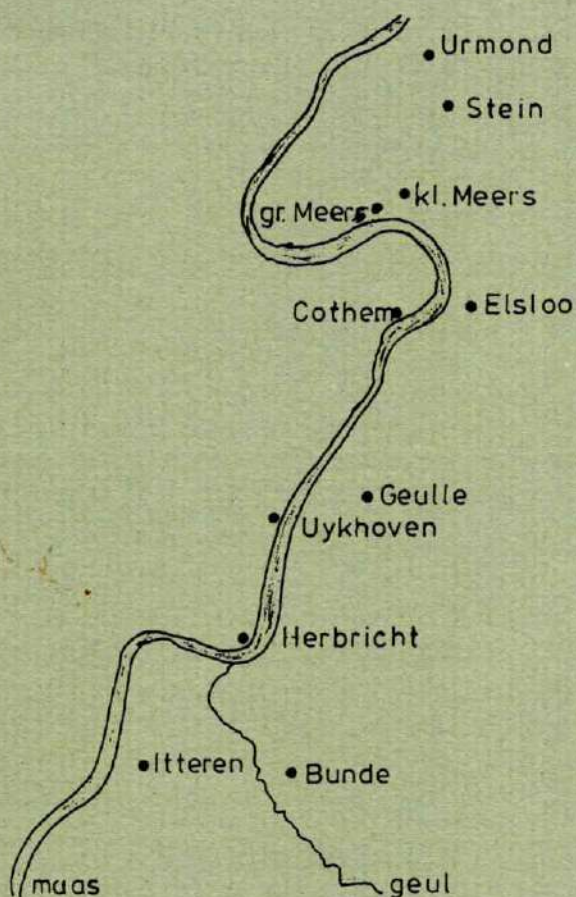


VAN DRIJFZAND EN HAAIETANDEN

enkele geologische aspecten van
Elsloo en zijn omgeving



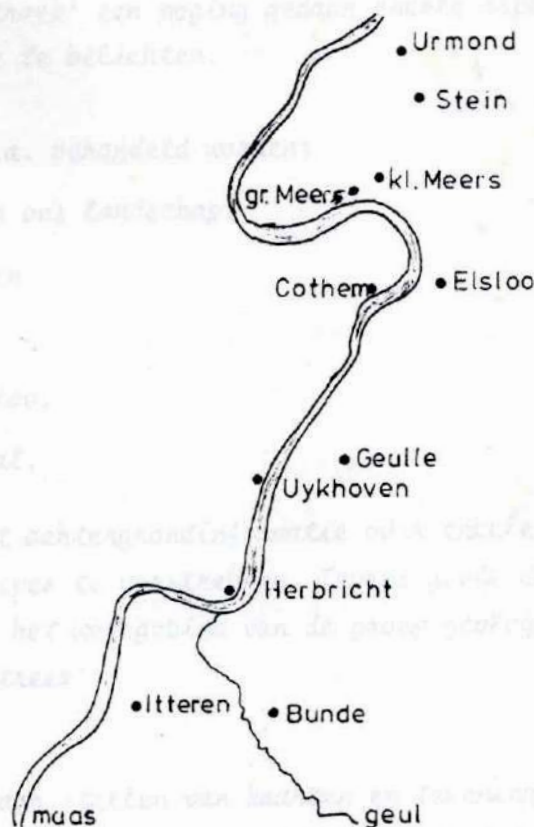
EEN UITGAVE VAN
HEEMKUNDE VERENIGING
„MAASSTREEK”



Elsloo 1984

VAN DRIJFZAND EN HAAIETANDEN

enkele geologische aspecten van
Elsloo en zijn omgeving



EEN UITGAVE VAN
HEEMKUNDEVERENIGING
„MAASSTREEK”



Elsloo 1984

VOORWOORD

Heemkunde is nauw verweven met de regionale archeologie, geschiedenis, genealogie en folklore, maar zeker ook met de regionale geologie, namelijk met het ontstaan van het landschapsreliëf, de bodem etc. kortom het land waarop wij leven, wonen en werken.

Daarom heeft een aantal leden van de groep geologie van de heemkunde-vereniging 'Maasstreek' een poging gedaan enkele aspecten van die regionale geologie te belichten.

Onderwerpen die o.a. behandeld worden:

- Het ontstaan van ons landschap.
- Grondverzakkingen.
- Hellingbronnen.
- De laag van Elsloo.
- Het Julianakanaal.

Ook wordt getracht achtergrondinformatie over enkele belangrijke geologische principes te verstrekken. Tevens geeft deze studie een overzicht van het werkgebied van de groep geologie in de heemkunde-vereniging 'Maasstreek'.

Voor het beschikbaar stellen van kaarten en tekeningen zijn de samenstellers dank verschuldigd aan de Rijkswaterstaat te Maastricht, de Rijks Geologische Dienst te Heerlen en aan het Natuurhistorisch Museum te Maastricht.

Een bijzonder woord van dank komt toe aan de heer P.W. Bosch, medewerker van de Rijks Geologische Dienst, afd. Kartering, die deze studie vaktechnisch begeleidde en de heer H. Clerkx die de taalkundige aspecten voor zijn rekening nam.

II-4 Een wispelturige rivier

38

- Limburg, een laagvlakte
- Oost- en West-Maas
- Een zijrivier van de Rijn
- Heuvellandschap is Maaslandschap
- Maasterrassen

Hoofdstuk I-1	<u>Geologie algemeen</u>	1
	-Reizen naar een ver verleden	
	-Geologie, definities, het ontstaan en de geschiedenis van de geologie als wetenschap.	
	-De radioactieve klok	
	-De Aarde, een levende planeet	
I-2	<u>Van sterrenstof tot Mosasaurus</u>	15
	-De "Grote Knal"	
	-Ammoniak en aardgas wordt leven	
	-Antraciet in wording	
	-Vasteland en zee wisselen elkaar af	
II-1	<u>Het Tertiair</u>	20
	-Palmen in Nederland	
	-Vele malen "kopje onder"	
	-Bruinkool en groenzand	
	-Strand tussen Geleen en Geulle	
II-2	<u>De "Elsloo-Laaq"</u>	28
	-Een 20 miljoen jaar oud kerkhof.	
	-100 jaar discussie	
	-Een vergiftigde zee	
	-Fossielen in de "Elsloo-Laaq"	
II-3	<u>Het Kwartair</u>	34
	-Gemiddelde juli-temperatuur 0°C!	
	-Het Kwartair in Zuid-Limburg	
	-Aanpassingen in de flora en fauna	
	-En over 10000 jaar?	
II-4	<u>Een wispelturige rivier</u>	38
	-Limburg, een laagvlakte	
	-Oost- en West-Maas	
	-Een zijrivier van de Rijn	
	-Heuvellandschap is Maaslandschap	
	-Maasterrassen	

Hoofdstuk II-4	-108 verschillende Maasgesteenten -Wijzigingen in de loop van de Maas in de omgeving van Elsloo	
----------------	---	--

III-1	<u>Gevaarlijke drijfzanden</u>	42
-------	--------------------------------	----

- Grote problemen tijdens de aanleg van de spoorweg
- Een narrow escape
- Verschuivingen op de Scharberg
- Hellingbronnen

III-2	<u>Het Julianakanaal</u>	45
-------	--------------------------	----

- Algemene gegevens
- Het dilemma van de drie kanaaltracés
- Een machtig stuk waterbouwkunde

	<u>Literatuurlijst</u>	53
--	------------------------	----

Bijlagen

I-a, I-b

II-a, II-b, II-c, II-d, II-e, II-f, II-g
II-h, II-i

III-a, III-b, III-c, III-d, III-e, III-f.

- I-a, De geologische tijdstabel
- I-b, De geologische positie van Nederland
- II-a, Land-zee-verhouding tijdens het Eoceen
- II-b, Doorsnede van Zuid-Limburg
- II-c, Geologische kaart Zuid-Limburg
- II-d, Globale stratigrafie "Elsloo-Laag"
- II-e, Overzicht van de ijstijden
- II-f, Land-zee-verhouding Mioceen en Plioceen
- II-g, Het stroomgebied van de Maas
- II-h, Een gesteente-determinatiekaart
- II-i, Vroegere Maaslopen in onze omgeving
- III-a, Grondverzakkingen aan de spoorweg
- III-b, Het Julianakanaal
- III-c, De drie kanaal-tracés
- III-d, Elsloo vóór het graven van het kanaal
- III-e, Elsloo ná het graven van het kanaal
- III-f, Dwarsprofiel van het kanaal bij Elsloo

I-1) GEOLOGIE algemeen

- Reizen naar een ver verleden
- Geologie, definities, het ontstaan en de geschiedenis van de geologie als wetenschap
- De radioactieve klok
- De Aarde, een levende planeet.

Eerst even een vraag vooraf: droomt u wel eens van verre reizen naar vreemde exotische landen? Ja? Fijn, want zo'n verre vreemde reis kunt u maken. We gaan namelijk iets vertellen over geologie, een wetenschap waarmee u zo'n verre vreemde reis kunt ondernemen. We reizen echter niet naar het exotische Tahiti of de haast ondoordringbare oerwouden langs de Amazone, niet naar de ijsskoude ongerepte Zuidpool, zelfs niet naar een of andere verre planeet. Nee, we nemen u mee op een reis in de tijd, een reis naar het nog grotendeels onbekende verleden van onze eigen omgeving.

Het voordeel van dit soort reizen is dat u niet langdurig van huis hoeft te zijn. U kunt er gewoon even een paar uurtjes tussenuit knijpen en toch oneindig ver weg geraken. Tevens hoeft u voor dit soort reizen niet over grote sommen geld te beschikken.

Voldoende is goede vakliteratuur en een scherp waarnemingsvermogen. Beschikt u hierover, dan kunt u in het verre verleden van uw naaste omgeving duiken.

Dat is ook wat een aantal leden van de Heemkundevereniging Maasstreek hebben gedaan. Ze hebben in onze Maasvallei als het ware zeeën zien oprukken en zich weer terugtrekken, machtige rivieren zien stromen, woestijnwinden zien blazen, vulkanische asregens zien neerddwarrelen en de hitte in tropische regenwouden en de ijzige kou van de poolwinden gevoeld. Ook hebben ze dieren gezien die men nu nergens meer op aarde tegenkomt. Maar hierover straks meer. Eerst willen wij iets over de geologie zelf vertellen.

Geologie; definities; het ontstaan en de geschiedenis van de geologie als wetenschap.

De term geologie is samengesteld uit de Griekse woorden gaia of gè= aarde en logos= woord, leer, wetenschap.

Indeling van de geologie

We kunnen de geologie opsplitsen in twee hoofdrichtingen: de historische en de algemene geologie. De eerste wil iets te weten komen over het verleden. Ze behandelt de feitelijke geschiedenis van de aarde van plaats tot plaats en van tijdstip tot tijdstip.

De algemene geologie onderzoekt waardoor de aardkorst na verloop van tijd de samenstelling en opbouw heeft gekregen zoals wij die nu voor ons zien. Ze bestudeert dus de werking van de geologische processen op aarde zoals het verplaatsen van materiaal door de wind, de schurende werking van gletsjers, de vorming van vulkanen etc.

Beide richtingen zijn sterk van elkaar afhankelijk. De algemene geologie levert modellen voor geologische processen, de historische geologie past deze toe op een bepaald deel van de ontwikkelingsgeschiedenis op aarde.

De algemene geologie bestudeert b.v. hoe vulkanen ontstaan en welke afzettingsslagen dan gevormd worden.

Historische geologie gaat door het bestuderen van afzettingen van dit soort vulkanisme na, waar en wanneer de aardkorst in het verleden uiteen gescheurd is.

Om dat zij zich bezighoudt met de krachten die in, op en onder de aarde werkzaam zijn, wordt de algemene geologie ook wel dynamische geologie genoemd.

Andere belangrijke deelwetenschappen van de geologie, die of onder de historische of onder de algemene geologie gegroepeerd kunnen worden zijn:

- Geofysica. Deze bestudeert het inwendige van de aarde.
- Paleontologie. (kennis van het oude leven) Bestudeert de resten van planten en dieren die als fossielen bewaard zijn gebleven.
- Petrologie (gesteentekunde). Bestudeert de bouw, de structuur, samenstelling en wijze van ontstaan van gesteenten. Hiermee verwant is de mineralogie, die de stoffen, chemische verbindingen of mineralen, waaruit de gesteenten bestaan bestudeert.
- Tektonische geologie. Bestudeert voornamelijk die krachten die de vervormingen van de aardkorst veroorzaken. Bv. gebergtevorming, vulkanisme.
- Sedimentologie. Deze omvat en bestudeert de vorming en opbouw van de zand-, klei- en kalklagen.
- Geomorfologie. Deze heeft als object het ontstaan van het landschapsreliëf, heuvels, dalen, duinen, vlaktes e.d.
- Stratigrafie is een deelwetenschap die opeenvolgende afzettinglagen van het aardoppervlak klassificeert en de ouderdom ervan vaststelt.
- De toegepaste en economische geologie geeft richtlijnen en bestudeert alle geologische aspecten die bij het graven van een kanaal of tunnel of bij de winning van delfstoffen zoals olie en steenkool belangrijk zijn.
- De regionale geologie bestudeert de geologie van een afgebakend gebied, bv. Zuid-Limburg, de Ardennen, Elsloo.
- De experimentele geologie waarbij in het laboratorium geologische processen, meestal versneld, worden nagebootst met het doel de kennis van deze processen te vergroten.

De voorgaande opsomming is uiteraard niet compleet want ook deze wetenschappen kunnen nog opgedeeld worden in diverse deel- en hulpwetenschappen.

Reeds vanaf het begin van onze vroegste beschavingen heeft de mens zich met geologie bezig gehouden. Vaak was de specifieke "kennis van de aarde" onder de hoede van priesters, tovenaars en magiërs en werden onverklaarbare zaken toegeschreven aan bovennatuurlijke machten. Dit heeft mede bijgedragen tot het ontstaan van mythen. Zo werd in de Griekse mythologie de god Hephaistos (bij de Romeinen wordt hij Vulcanus genoemd) verantwoordelijk geacht voor de vulkaanuitbarstingen.

Tot ver in de Middeleeuwen was de kennis van onze aarde vaak nog erg beperkt; men stelde zich die namelijk voor als een plat vlak. Columbus werd in 1492 nog als een waaghals beschouwd omdat hij naar de "rand" van de aarde zeilde.

De grondslagen van de geologie werden in de 18e en 19e eeuw gelegd door o.a.:

Hutton (Eng) 1726-1767 theorie van de kringloop van gesteenten.

Werner (Dld) 1749-1817 grondlegger van de petrografie en mineralogie.

Cuvier (Fr.) 1769-1832 grondlegger van de paleontologie.

Smith (Eng.) 1769-1839 grondlegger van de stratigrafie.

Lyell 1797-1875 verdere uitdieping van de theorie van de kringloop van de gesteenten.

Enkele bekende Nederlandse geologen zijn:

Staring, van Baren, Faber, Pannekoek en voor Zuid-Limburg o.a. Jongmans en van Rummelen.

Het begrip "tijd" in de geologie

We hebben u al verteld dat we u meenemen op een reis naar het verleden van onze eigen omgeving. De algemene geologie zullen we dus grotendeels overslaan.

Bij het beschrijven van de historische geologie hebben wij gezien dat deze tot doel heeft de veranderingen die de aarde in de loop van haar lange geschiedenis heeft ondergaan in de juiste chronologische volgorde te achterhalen. Ze moet in feite gebeurtenissen reconstrueren en dateren.

Wat betreft het reconstrueren m.n. van het verleden van onze eigen omgeving, valt een en ander te lezen in het volgende hoofdstuk. Voordat u hier echter aan begint willen wij u eerst iets vertellen over het dateren.

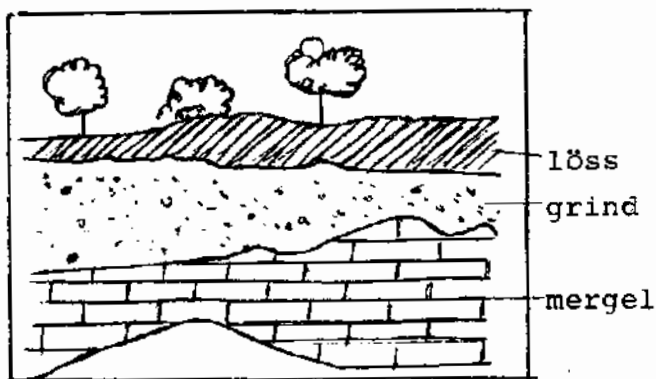
Wij kunnen twee vormen van geologische ouderdomsbepaling (datering) onderscheiden:

- 1) de relatieve ouderdomsbepaling
- 2) de absolute ouderdomsbepaling

1) de relatieve methode is de oudste. Ze werd reeds gedeeltelijk ontwikkeld in 1669 en voltooid in de 19e eeuw. Bij deze methode probeert men slechts te achterhalen of de ene gebeurtenis vroeger of later plaats vond dan een andere. Men bepaalt dus alleen "ouder" of "jonger" of "even oud".

De relatieve ouderdomsbepaling berust op twee grondslagen, n.l. op het gegeven dat in een serie sedimentlagen lagen die voornamelijk afgezet zijn door de zee en de rivieren, iedere laag jonger moet zijn dan de onderliggende laag

zie fig. 1.

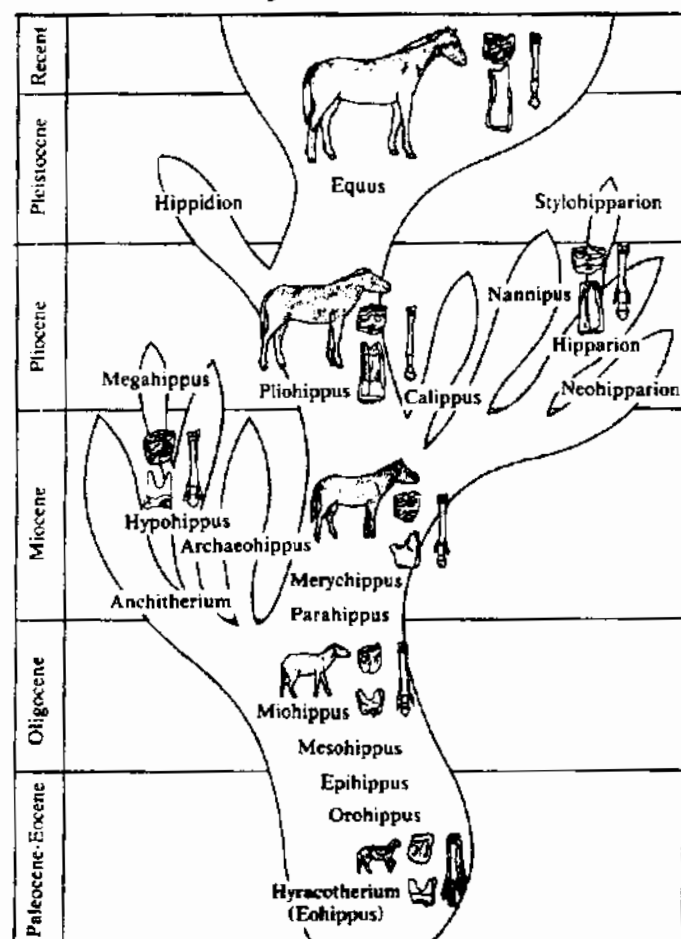


löss is jonger
dan grind en
grind is jonger
dan mergel.

De tweede grondslag is dat er in het geologische verleden een ontwikkeling van levende wezens heeft plaatsgevonden (organische evolutie).

Zie onderstaand voorbeeld (Muntz "Historical Geology".)

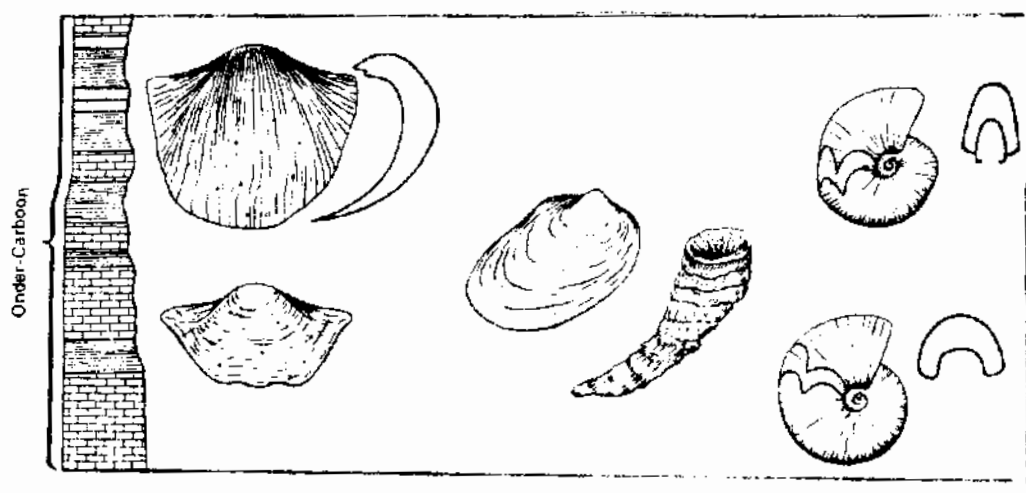
fig. 2



Aardlagen waar-
in restanten van
de meest geëvo-
lueerde vormen
van organismen
zijn te vinden,
zijn meestal
ook het jongste.

Zodra men de opeenvolging van de verschillende fauna's en flora's kent, kan men met behulp van fossielen (versteende resten of afdrukken van planten en dieren) bepalen in welke periode de laag waarin ze worden gevonden is gevormd. Een zeer belangrijk hulpmiddel voor relatieve datering is een zogenaamd gidsfossiel. Een gidsfossiel is een overblijfsel van een plant of dier dat slechts gedurende een korte periode als soort heeft geleefd en gedurende die tijd een wijde verspreiding over het aardoppervlak heeft gekend.

Stel nu dat u zo'n fossiel hier vindt en u weet dat hetzelfde fossiel ook in Amerika in een bepaalde laag is gevonden. U mag dan concluderen dat de laag waarin u het fossiel hier hebt gevonden even oud is als de laag met hetzelfde fossiel in Amerika (zie b.v. fig.3.)



Met behulp van de relatieve ouderdomsbepaling heeft men reeds in de 19e eeuw een gedetailleerde relatieve tijdschaal opgesteld (zie bijlage I-a) waarin elke tijds-eenheid een naam heeft. Elke naam uit deze tijdstabel kan op twee manieren worden gebruikt: nl. voor het tijds-verloop en voor de gezamenlijke afzettingen uit die tijd. Als men bijvoorbeeld zegt "In het Tertiair leefden grote zoogdieren" dan slaat dit op het tijdperk. Zegt men echter "Het Tertiair vindt men terug in Elsloo" dan bedoelt men dat zich daar afzettingen uit die tijd bevinden. Aan de relatieve ouderdomsbepaling kleven echter twee belangrijke bezwaren. Ten eerste kan een dateringsmethode met behulp van fossielen niet worden toegepast op stollings- en metamorfe gesteenten. Dit zijn nl. gesteenten die geen fossielen bevatten. Stollingsgesteenten zijn ontstaan door het stollen van magma, bv. basalt. Metamorfe gesteenten zijn oorspronkelijk andere gesteenten die echter door verhoogde druk en temperatuur in de aardkorst een verandering hebben ondergaan, bv. marmer.

Een zeer groot gedeelte van de aardkorst bestaat uit deze soort gesteente die zich met name gevormd hebben tijdens het Pre-Cambrium. Ten tweede is de relatieve ouderdomsbepaling een geschiedschrijving zonder jaartallen.

2) Absolute datering

De twee bezwaren die we bij de relatieve datering tegenkwamen waren tot voor kort schijnbaar onoverkomelijke handicaps voor het geologisch onderzoek. Men moest dus zien te komen tot een absolute dateringsmethode, een methode die de ouderdom van afzettingen aangeeft in jaren en niet in termen als "jonger dan" of "ouder dan".

Pogingen hiertoe werden reeds vroeg ondernomen. Zo kwam aartsbisschop Ussher reeds in de 18e eeuw tot de conclusie dat de aarde in 4004 v. Chr. geschapen was. Hij baseerde zich op het optellen van de generaties die in de bijbel vermeld stonden. Deze datum werd later nog gespecificeerd door bisschop Lightfoot: 23 oktober, 9.00 uur 's morgens. Anderen waren het niet eens met deze bijbelse chronologie en schatten de ouderdom van de aarde op 75.000 jaar. Het waren de Hindoes die het dichtst de werkelijke ouderdom van de aarde benaderden. Zij geloofden dat de wereld minstens 2000 miljoen jaar oud was en hun grote kosmische kringloop omspande een nog veel langer tijdsverloop. Nadien zijn er nog meer methoden ontwikkeld. Vele daarvan bleken niet juist. Enkele wel, maar deze konden weer alleen worden toegepast op bepaalde zeer jonge afzettingen van zo'n paar duizend jaar.

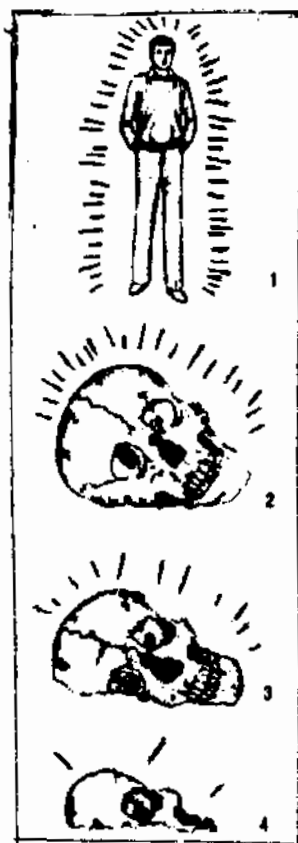
Het duurde tot na de Tweede Wereldoorlog voordat men een goede methode om de absolute ouderdom te bepalen ontdekte. Dit was de zogenaamde radiometrische methode. Ze berust in hoofdzaak op de aanwezigheid van radioactieve elementen in vele mineralen. Een radioactief element heeft de eigenschap dat het met een constante snelheid overgaat in een ander element, een stabiel dochterelement, waarbij straling wordt uitgezonden.

Als men de snelheid van uiteenvallen van een radioactief element kent, behoeft men slechts de verhouding van de hoeveelheden van het nog aanwezige radioactieve moederelement en van het gevormde dochterelement te meten om de ouderdom vanaf het stollen van het mineraal te vinden. Twee bekende radiometrische dateringsmethoden zijn de Kalium-Argon methode en de C14 methode. B.v. radioactief Kalium, dat o.a. in stollingsgesteenten voorkomt gaat in 1,3 miljard jaar voor de helft over in Argon (de zogenaamde halfwaarde-tijd).

Bij de C14-methode wordt niet de verhouding tussen moeder- en dochterelement gemeten, maar "gewoon" de mate van radioactief koolstof (C14) dat uit de atmosfeer in elk organisme wordt opgenomen en dat na het afsterven wordt afgestaan. Hoe hoger de mate van radioactiviteit van een organisch overblijfsel is, hoe jonger dit is. Door de lage halfwaardetijd (5570 jaar) is deze methode vooral goed van toepassing op de laatste 70.000 jaar. Ze wordt dan ook vooral gebruikt in de archeologie.

Fig. 3a) Uit "De Jonge Onderzoeker"

Ouderdomsbepaling met behulp van radioactiviteit. Radioactieve koolstof wordt geabsorbeerd door levende organismen. Bij het intreden van de dood stopt het opnameproces en wordt het gehalte minder. De hoeveelheid C14 zal na 5568 jaar gehalveerd zijn. Een levend persoon geeft per uur 2500 stralen af (1);
 Een schedel van 5600 jaar oud (2) geeft 1250 stralen;
 een schedel van 11.200 jaar oud (3) nog 625;
 een schedel van 44.000 jaar oud (4) 3 stralen per uur.



Met behulp van deze methoden is men er dus in geslaagd de relatieve tijdschaal aan te vullen met jaartallen. Dit leverde twee verrassingen op. Ten eerste bleek dat alle tijdperken veel langer geduurd hebben dan ooit vermoed werd. En ten tweede dat het Pre-Cambrium, de tijd zonder leven, veel langer heeft geduurd dan de tijd waarin zich het leven heeft ontwikkeld.

Tot voor kort waren de oudst bekende gesteenten zo'n 3500 miljoen jaar oud. De laatste jaren zijn echter nog hogere waarden gevonden, tegen de 4000 miljoen jaar. In Groenland en o.a. Zuid-Afrika zijn gesteenten van deze ouderdom aanwezig. De aarde moet dus nog ouder zijn. Er zijn aanwijzingen dat de aarde ca. 4600 miljoen jaar oud is.

Het volgende citaat uit het boek van Dr. J.I.S. Zonneveld "Tussen de bergen en de zee" kan u een idee geven van de ouderdom van de aarde, de zeer lange duur van het Pre-Cambrium, de snelle ontwikkeling van het leven en de zeer geringe leeftijd van de mensheid.

"Wanneer de geschiedenis van de aarde zou zijn vastgelegd op een film van 24 uur, dan zouden wij bij het afdraaien van deze film 21 volle uren niets anders zien dan kale, onbegroeide landschappen waarin zich gebergten vormden en waarin de verwerking en erosie die gebergten weer deden verdwijnen. Wij zouden pas ongeveer tweeëneenhalf uur voor het einde zien, hoe het vasteland, zij het ook gedeeltelijk, door een plantenkleed overdekt werd. De Carboonbossen zouden 1 uur en 40 minuten voor het einde op het doek verschijnen, de eerste zoogdieren een half uur voor het einde. Het Kwartair echter, de tijd waarin de mens op aarde leeft, was daarmee nog lang niet aangebroken. Het zou niet meer dan de laatste 40 seconden van de film in beslag nemen en het Holocene een kwart seconde, terwijl de tijd waarbinnen onze beschavingen zich afspeelden door de laatste lichtflits, het laatste filmbeeldje, zou zijn vertegenwoordigd"

De Aarde, een levende planeet.

Zoals uit onderstaande krantekoppen blijkt, worden we diverse keren per jaar "wakker geschud" met berichten vanuit de gehele wereld over vulkaanuitbarstingen, aardbevingen, vloedgolven. Diep in de aarde blijken ontzagwekkende krachten werkzaam te zijn.

Bodem beeft al twee weken

Californië vreest aardschok

WASHINGTON - Twee weken al is Californië aan

Aardschok bedelft kerkgangers

* Een deel van het dak van de kathedraal in de Colombiaanse stad Popoyar donderdag ingestort tijdens een aardbeving. De natuurramp kostte een schatting aan zeker 500 mensen het leven, terwijl 2.000 personen gewond werden zijn geraakt. Veel slachtoffers vielen toen de kathedraal en een tweede kerkgebouw waaronder de kathedraal die

Paasattr

Etna bij braken

Door onze cor
Cees Ma

ROME - De bewoners van gen van de Etna op Sicilië weekend tegemeet, want vulkaan is nog lang niet ge oonderbroken lava-eruptie explosies en ook geïntensie op een speerhoofding van de

Reuzachtige wolk 'verduistert' aarde

schappelijk
forme
Oceanic
stratio

onderzoekers in Californië, in het bijzonder Kawai, van National Een deskundige van de Amerikaanse... op vulkaanuitbarstingen... heeft dat de wolk... op de aarde... op de aarde...

Reportage Wim Kuipers Fons Wil Nijnt LUIK - De aardchok die... aardschok in



* Het epicentrum van de aardbeving lag vlak bij de Nederlandse grens.

op de vulkaan St-Helens na de eruptie van 18 mei: een dachap met dampbronnen en gigantische krater.

Vulkaan opnieuw tot uitbarsting

OCEAANBODEM LIT ELKAAR GEDUWD

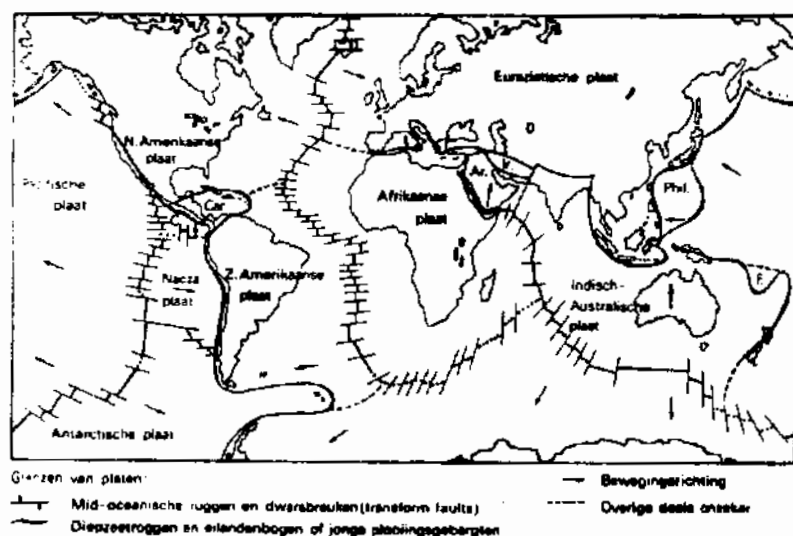
Botsen van continenten doet de aarde beven

25 mei, die duizenden hectaren bos verwoestte. Een andere uitbarsting, op 18 mei, veroorzaakte de dood van 24 personen en bevulde grote delen van de staten Washington en Oregon.

Continenten op drift.

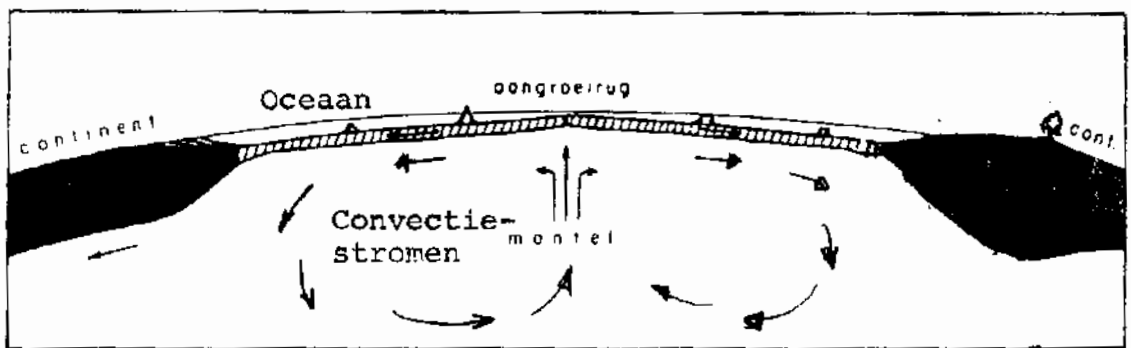
Het is iedereen bekend dat de aarde is opgebouwd uit een kern, een mantel en de zg. vaste aardkorst. De kern bestaat uit zeer hete (ca. 4000°C) ijzerverbindingen, die door de enorme druk (ca. 3 miljoen kg/cm²) in vaste vorm voorkomen. De mantel bestaat uit taai-vloeibaar gesteente en hierop "drijft" de vaste, maar zeer dunne, aardkorst. De aardkorst vormt echter niet één geheel, maar ze bestaat uit afzonderlijke delen de zg. schollen. Je zou haar kunnen vergelijken met een gebarsten eierschaal.

We onderscheiden twee soorten schollen of platen; ten eerste de schollen met continenten, bestaande uit relatief lichte gesteenten en een dikte van ca. 50 km ; ten tweede de oceanische schollen, die veel dunner zijn en uit een zwaarder gesteente bestaan. (zie onderstaande fig. 3-b)



Uit "Algemene Geologie" van Pannekoek

Alle aardkorstschollen bewegen t.o.v. elkaar. De oorzaak, de motor van deze bewegingen is de aardwarmte. Het taai-vloeibaar gesteente in de aardmantel wordt steeds vanuit het binnenste van de aarde verwarmd, stijgt daardoor naar de aardkorst, koelt daar weer af en "zakt" dan weer naar beneden. Er ontstaan dus stijgende en dalende stromingen die men convectie-stromingen noemt. Met deze convectie-stromingen in de mantel worden de bovenliggende schollen meegenomen. De bron van de aardwarmte zijn radioactieve processen in de aarde.



Bewerkt uit:

Fig. 3-c) "Algemene Geologie" Pannekoek

Op de bodem van de oceanen vinden we langgerekte bergketens, de zogenaamde mid-oceanische ruggen. (zie fig. 3-b) Onder deze ketens stijgen convectie-stromen uit de mantel op en buigen vervolgens naar links en rechts af. (zie fig. 3-c) Deze horizontale stromingen nemen dan de schollen naar links en rechts mee. Op deze wijze wordt bv. de Atlantische Oceaan en dus de afstand tussen Europa en Noord-Amerika steeds groter. De schollen in de omgeving van de mid-oceanische ruggen groeien aan en er ontstaat nieuwe aardkorst. Het is logisch dat op andere plaatsen een afbraak van schollen moet plaats vinden, anders werd het aardoppervlak steeds groter. Dit gebeurt dan ook op die plaatsen waar een zwaardere oceanische schol tegen een lichtere continentale korst botst bv. aan de westkust van Noord-Amerika. De zwaardere oceanische schol duikt dan onder de lichtere continentale schol, verdwijnt diep in de hete mantel en smelt. Het is ook begrijpelijk dat langs de randen van de schollen, waar immers het hete magma dicht aan het oppervlak komt, vaak vulkanische verschijnselen plaatsvinden. Bekijken we fig. 3-b dan kunnen we deze plaatsen vaststellen.

Gebergtevorming.

Een van de belangrijkste gevolgen van de botsing van de schollen is het ontstaan van grote gebergteketens. Er bestaan twee soorten botsingszones:

- A) Daar waar een oceanische schol tegen een continentale schol botst.
- B) Daar waar een continentale schol tegen een andere continentale schol botst.

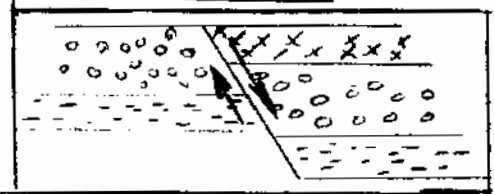
A) In het eerste geval duikt de zwaardere oceanische schol weg onder de lichtere continentale schol. Op de plaats waar dit gebeurt ontstaat evenwijdig aan de continent-rand een diepe plooi in de aardkorst, een zg. diepzeetrog. Deze trog wordt langzaam opgevuld met verweringsmateriaal, aangevoerd door de rivieren. Zo'n met sedimenten gevulde trog noemt men een geosynclinale. Na verloop van tijd worden de sedimenten tussen de twee botsende platen samengeschoven, geplooid en opgestuwd. Dikke series sedimenten vormen zo een nieuw gebergte. Door dit gebergtevormingsproces is het dus goed mogelijk dat resten van zeedieren en -planten kilometers hoog in het gebergte gevonden worden. (schelpen in de bergen!)

B) In het tweede geval botsen twee continentale platen tegen elkaar en doordat geen van beide zal wegduiken, ze zijn immers even zwaar, worden ze sterk in elkaar gedeukt, opgeplooid en kunnen horizontaal onder elkaar schuiven, waarbij de een de andere oplicht. Met name de Alpen en het Himalaya-gebergte zijn op deze manier ontstaan.

Aardbevingen.

Naast de gebergtevorming is een tweede belangrijk gevolg van de botsing van de aardschollen een aardbeving. De hevigste bevingen vinden plaats in die gebieden waar de botsing gesitueerd is zoals Italië het Andesgebergte, Californië en bv. Japan. Echter niet alleen het gebied in de botsingszone, maar ook het erachter gelegen gebied, wordt nog in beperkte mate opgeheven. Door deze opheffing die niet overal gelijktijdig en in dezelfde mate plaats vindt, ontstaan breuken in de aardkorst. (zie fig. 3-d)

Langs deze breuken verplaatsen zich kleinere stukken van een aardschol in een tegengestelde



horizontale of verticale richting. Op het moment dat deze beweging plaatsvindt is de aardbeving een feit. Ook Zuid-Limburg kent vele van dit soort breuken. (zie bijlage II-c) Een recent voorbeeld ligt nog vers in ons geheugen. In de nacht van 8 november 1983 werden op slechts enkele tientallen kilometers ten zuiden van onze regio 500 huizen onbewoonbaar!

I-2) Van Sterrenstof tot de Mosasaurus

- 20 miljard jaren geleden de "Grote Knal"
- Ammoniak en aardgas wordt leven
- Antraciet in wording
- Vasteland en zee wisselen elkaar af

Het prille begin. Wat betreft de oorsprong van het heelal bestaan er een aantal theorieën. Een ervan is de theorie van een oer-vuurbal, die zich vervolgens in alle richtingen uitbreidde. Deze uitbreiding of uitdijning gaat ook nu nog steeds door.

Zo'n 20 miljard jaar geleden moet er een moment zijn geweest waarop alle materie van het heelal op één punt was samengebald. Ruimte en tijd bestonden toen nog niet. Ze ontstonden pas toen de vormloze structuur explodeerde. Na de explosie koelde de materie af en begonnen zich de eerste sterrenstelsels te vormen.

Een van deze stelsels was ons eigen zonnestelsel. Dit is waarschijnlijk ontstaan uit een roterende nevel, die afkoelde en condenseerde. De vaste materie klonterde vervolgens samen door de zwaartekracht en vormde zo de verschillende planeten.

Het Pre-Cambrium. De ouderdom van de aarde wordt op zo'n 4,6 miljard jaren geschat. In het begin was onze planeet een woedende hel van vloeibare gesteenten. Er ontstond langzaam een dunne korst die telkens weer werd opengescheurd door vulkanen en aardbevingen. Waterstof- en ammoniakgas ontsnapten vanuit het binnenste en vormden een verstikkende atmosfeer zonder zuurstof waarin 2 miljard jaren lang geen leven mogelijk was. Vanaf het Proterozoicum begint het plantaardig en dierlijk leven zich in zee te ontwikkelen, in eerste instantie door inwerking van ultraviolet licht op ammoniak en methaangassen en

het ontstaan daardoor van aminozuren, de bouwstenen van het leven. Dit leven speelde zich af in de oeroceanen en het duurde zeker 2 miljard jaren voordat er een enigszins herkenbaar leven in de vorm van primitieve algen en radiolariën ontstond. De blauw-groene algen doen het zuurstofgehalte in de oceanen en in de atmosfeer stijgen, omdat zij als eerste organisme in staat waren om m.b.v. zonnelicht bouw- en groeistoffen te produceren uit o.a. koolzuur en water. Bij dit proces, dat met recht de grootste uitvinding van de natuur genoemd mag worden, kwam zuurstof vrij, op dezelfde wijze zoals dat nu ook nog gebeurt. (fotosynthese m.b.v. porfyryne)



Begin van primitief leven: sporen van algen en radiolariën (oerdiertjes)

Het Cambrium: Deze periode begon ca. 600 miljoen jaar geleden en wordt beschouwd als het begin van het ontstaan van de meer herkenbare en grotere flora en fauna. Tijdens het Cambrium was het huidige gebied van West-Europa grotendeels bedekt met een ondiepe zee waarin voortdurend zand- en kleilagen werden neergelegd die door rivieren van het vasteland aangevoerd werden. In de Ardennen en de Eifel zijn nog gesteenten uit deze periode te zien. Een bekend cambrisch gesteente is bv. het blauwgrijze Revinien-kwartsiet. (Dikke Stein in Elsloo)

Het Siluur en het Ordovicium: Gedurende het Ordovicium en het Siluur ca. 500-390 miljoen jaren geleden bleef de situatie zoals die was tijdens het Cambrium, voortbestaan. Steeds meer sedimenten werden afgezet in de ondiepe zeeën. Tegen het einde van het Siluur werden deze sedimenten echter opgetild tot boven het zeeniveau, geplooid en gebroken. Er ontstond op deze wijze een hoog boven de zee uitrijzend gebergte, het Massief van Brabant, een gebergterug, lopend van Zuid-Limburg over België naar Engeland, maakte hiervan deel uit. (Caledonische gebergtevorming) Het leven in zee breidde zich nog verder uit o.a. schorpioenen waarbij lieverdjes van ca. 2m voorkwamen.



Verdere ontwikkeling van het leven in zee: eerste vissen, waterschorpioenen, zeelelies.

Het Devoon: (ca. 390-340 miljoen) In het begin van het Devoon ging de gebergtevorming, die in het Siluur begonnen was, nog verder door, maar tegelijkertijd begonnen verwerking en erosie de hoogste bergtoppen alweer af te breken. De zee rukte vanuit het zuiden weer op en beukte de kusten van het Massief van Brabant. Kenmerkend voor het Devoon was, dat in die periode de opmars van de planten en dieren naar het vasteland begon. Tot dan was het vasteland woest en leeg. Als oorzaken van dit ingrijpend gebeuren kunnen een aantal redenen worden aangehaald: Het toegenomen zuurstofgehalte in de atmosfeer. -Gebrek aan leefruimte in de zeeën. Eenvoudige vaatplanten, daarna gevolgd door schorpioenen en spinnen waren de eerste pioniers, die zich aanpasten voor het leven op het land. Tegen het einde van het Devoon verschijnt het eerste gewervelde landdier, de Ichthyostega, een amfibie dat nog sterk op een vis leek, maar waarvan de zwemblaas al tot longen en de vinnen al tot vijftien poten was geëvolueerd. Bekende gesteenten uit deze periode zijn de bontgekleurde zandstenen en kalkstenen met zeelelie-fossielen uit de Ardennen en de Eifel.

Het Carboon: (340-280 miljoen) Afzettingen uit deze periode vormen de oudst bekende gesteenten binnen onze landgrenzen. In het Geuldal bij Epen komen harde kwartsietlagen en schalies aan de oppervlakte. (Heimansgroeve) Overbekend in Zuid-Limburg zijn uiteraard de steenkool en steenkoolfossielen zoals varens en zegelbomen. Een prachtige collectie hiervan bevindt zich in het Geologisch Bureau te Heerlen. Het Carboon echter begint met het afzetten van kalken met koralen en schelpen, duidend op een ondiepe en warme zee. Uit deze afzettingen vormden zich later de bekende blauw-zwarte kalksteen, waarin vaak duidelijke afdrukken van bovengenoemde planten en dieren te zien zijn. Het wordt o.a. gebruikt in gevelpuien. ("zwart marmer")

fig 5 Moerasbegroeiing tijdens het Carboon



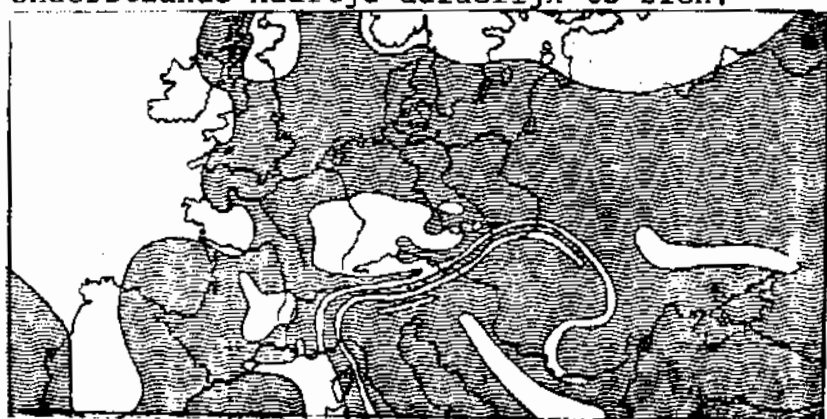
In het Boven-Carboon, dat is het tweede gedeelte van het Carboon-tijdperk, valt de ondiepe zee in onze omgeving weer droog en ontstaat een uitgebreid lagunengebied met een weelderige moerasvegetatie, die tenslotte een dikke veenlaag opleverde. Dergelijke moerasvenen zijn later onder het gewicht en de druk van jongere bedekkende zand- en kleilagen van vele honderden meters dik, geleidelijk veranderd in steenkool. Tegen het einde van het Carboon vindt in Noord-West-Europa een nieuwe gebergtevorming plaats, waardoor o.a. de Ardennen weer geplooid werden en de voorheen horizontaal liggende steenkool-lagen sterk geplooid en gebroken uit deze periode te voorschijn kwamen. (Hercynische gebergtevorming)

Perm, Trias, Jura (ca. 280-140 miljoen): De gebergtevorming zette zich in het Perm nog tijdelijk door en tevens vond er een ingrijpende klimaatsverandering plaats en de overweldigende Carboon-vegetatie maakte plaats voor gloeiend hete woestijnen. In onze streken werd het landschap geleidelijk minder bergachtig ten gevolge van erosie en verwerking en er ontstond tenslotte een flauw golvende schiervlakte. Tijdens deze drie tijdperken heeft de zee in onze omgeving slechts weinig invloed gehad en zijn er dus ook haast geen gesteenten afgezet. Alleen in het noorden zijn aardgas-houdende zandige sedimenten (Slochteren) ontstaan en de zoutkoepels. (Boekelo)

De planten- en dierenwereld evolueerde echter op indrukwekkende wijze tot o.a. de enorme dinosauriërs van de Jura-tijd.

(zie tijdstabel bijlage I-a)

Het Krijt: Tijdens bepaalde perioden in het Krijt werden grote delen van onze omgeving weer bedekt door de zee, dit is op het onderstaande kaartje duidelijk te zien.



ZEE



LAND

Fig.6 . Bewerkt
uit: "Versteend
leven" D. Molijn.

Het huidige gebied van Zuid-Limburg is in het laatste gedeelte van het Krijttijdperk door de zee overspoeld. Achtereenvolgens werd een fijnzandig strandsediment neergelegd (Formatie v. Aken). Hierop volgde de Formatie v. Vaals (groenzand) duidend op een ondiepe zee. Na deze kustafzettingen werd kalk, krijt of mergel afgezet.

Het is een bekend gegeven dat in een ondiepe tropische zee, een weelderige flora en fauna ontstaat. Zo dus ook in "onze" Krijt-zee zoals blijkt uit de onderstaande reconstructie van een stukje zeebodem van de Krijtzee bij Maastricht.

(Bewerkt uit "Stratigrafie en Paleontologie" cursus R.G.D.)



Fig. 2. Een stukje zeebodem van de Krijtzee bij Maastricht. We zien bryozoën, koralen, zeeegels en een zeester. Een slak, een kreeftenschaar en twee vissoorten.

Vele van bovengenoemde organismen hebben een kalkskeletje dat na het afsterven op de zeebodem achterblijft. Samen met kalkneerslag uit het zeewater vormden deze kalkskeletten, waaronder ook zeer kleine (foraminifera), een tientallen meters dik kalkpakket.

De oudste afzetting is de Formatie van Gulpen met witte tot lichtgele kalken en banden zwarte vuursteenknollen. Daaropvolgend de Formatie van Maastricht met gele korrelige kalken en bruine veelal platige vuurstenen. Vuursteen is een zeer hard gesteente (vergelijkbaar met staal) dat vlijmscherpe scherven geeft als de steen wordt bewerkt. Van deze unieke eigenschappen maakte de prehistorische mens dankbaar gebruik!

Het ontstaan van vuursteen in de krijtlagen is een ingewikkeld fysisch-chemisch proces, waarbij de kalk (CaCO_3) wordt vervangen door kiezelzuur (SiO_2). Dit kiezelzuur komt o.a. van kiezelzuurhoudende sponsnaalden, die in de fossielenlagen van het Krijt voorkomen. De flora en fauna ondergaat aan het einde

van 't Krijt grote veranderingen o.a. door enorme wijzingen op geografisch (verschuiving continenten) en klimatol. gebied.

II-1) Het Tertiair, een belangrijke periode in de geschiedenis van de aarde.

- Palmen in Nederland
- Vele malen "kopje onder"
- Bruinkool en groenzand
- Strand tussen Geleen en Geulle

Ondanks dat het Tertiair slechts zo'n 60 miljoen jaren duurde, is het toch een zeer belangrijke periode, omdat tijdens en vooral aan het eind van deze periode de aarde, wat betreft de land-zeeverhouding, zijn huidige vormen aannam. Maar ook omdat veel van de nu levende planten en dieren zich in het Tertiair ontwikkelden en in deze periode ook de eerste mensachtigen ontstonden.

Het Tertiair wordt onderverdeeld in vijf tijdvakken:

- Het Paleoceen vanaf ca. 65 miljoen jaren geleden
- Het Eoceen vanaf ca. 53 miljoen jaren geleden
- Het Oligoceen vanaf ca. 37 miljoen jaren geleden
- Het Mioceen vanaf ca. 26 miljoen jaren geleden
- Het Pliocene vanaf ca. 7 miljoen jaren geleden

Het Tertiair begon met ingrijpende bewegingen van de aardkorst. Uitgestrekte vastelandgebieden verzonken. De kuststreken van Noord- en Zuid-Amerika en delen van Afrika werden door de oprukkende zee verzwolgen. Tegen het eind van het Oligoceen werd het land opnieuw omhoog getild en de kustlijnen veranderden nogmaals. In de loop van het Mioceen vormden zich nieuwe bergen en bergketens: De Alpen, de Pyreneeën, de Karpaten en de Himalaya kregen hun tegenwoordige gedaante. (ALPIENE-gebergtevorming)

In bijlage IIa zijn de land-zee verhoudingen tijdens het Eoceen geschetst.

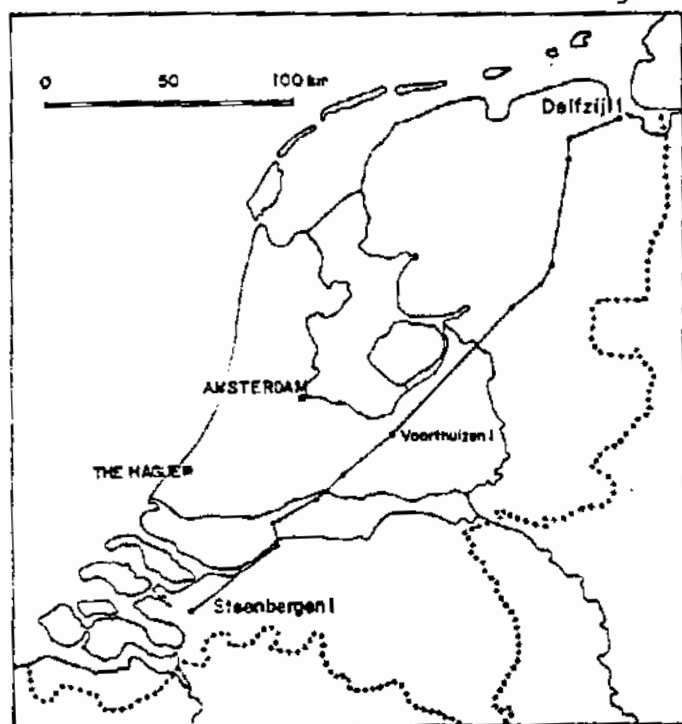
De flora en de fauna ontwikkelden zich met een explosieve snelheid, enkele belangrijke en opmerkelijke feiten in verband hiermee zijn:

- De ontwikkeling van de Bloemplanten en daarmee samenhangend, de uitbreiding van de insectensoorten
- Het definitief uitsterven van de Dinosauriërs
- Het ontstaan van diverse zoogdieren met placenta
- Explosieve ontwikkeling van de vogels
- Primitieve paarden en hoornvee
- Bruinkoolmoerassen en bruinkoolbossen
- De eerste mensachtigen

In grote delen van Noord-Europa groeiden in het Oligoceen tropische en subtropische bomen zoals palmen, vijgen- ka-neel- en kamferbomen. Reusachtige taxussen en sequoia's groeiden in uitgestrekte moerasgebieden.

De tertiaire afzettingen en sedimenten bestaan hoofdzakelijk uit klei en zand. Deze verschillende soorten klei en zand zijn nog in hun oorspronkelijke vorm aanwezig, omdat het zand nog niet is omgezet in zandsteen, de klei nog niet in leisteen en de kalk nog niet in kalksteen. In fig. 8 en 8a is voor Nederland een overzicht gegeven van de dikte van de lagen die zijn afgezet in het Tertiair en Kwartair, langs de lijn Bergen op Zoom $\longleftrightarrow$ Delfzijl. Straks zullen we zien, dat in Zuid-Limburg het Tertiair praktisch aan de oppervlakte ligt !

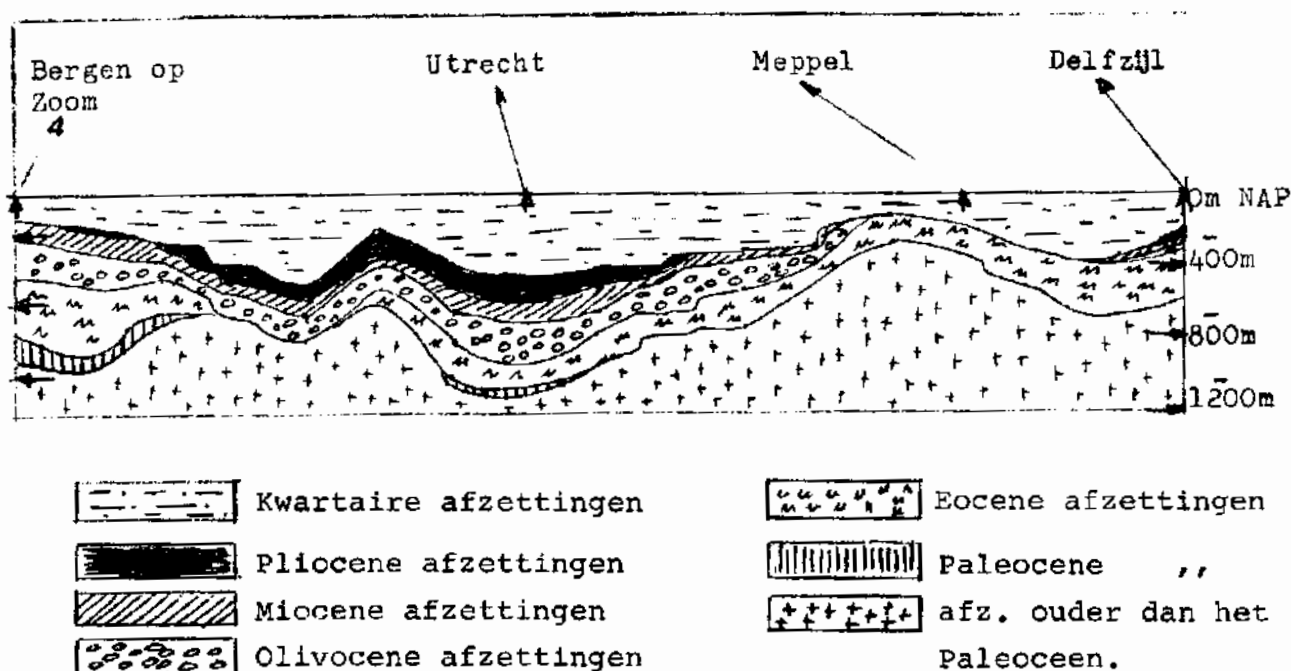
zie fig. 8. en 8a



Het vaststellen van de diverse lagen geschiedt door grondboringen, uitgevoerd door de grote olie-maatschappijen en de Geologische Dienst. Ook via seismologische metingen, "Electric logging" (dit is het meten van de radio-activiteit van de lagen in het boorgat) en via de paleontologie d.m.v. determinatie van de zg. "gidsfossielen" uit de boormonsters.

fig. 8. Tertiaire en kwartaire afzettingen in Nederland naar J. Keizer en W.J. Letsch.

fig. 8a.



In tegenstelling tot de rest van Nederland, zien we dat in Zuid-Limburg er nauwelijks kwartaire lagen van enige dikte zijn afgezet. In bijlage II-b) zien we een schematisch profiel van de zuidlimburgse bodem langs de lijn Kerkrade-Geleen. (naar Muller 1943)

Enkele belangrijke notities bij dit profiel zijn:

- De aanwezigheid van een bepaalde laag, bv. Midden-Oligoceen, betekent dat tijdens het M-Oligoceen ca. 30 miljoen jaren geleden de zee en de toenmalige rivieren ter hoogte van de lijn Kerkrade-Geleen een 50 to 100 m dikke laag zand en klei hebben afgezet.

- Het ontbreken van bepaalde lagen, bv. Het Onder-Mioceen, betekent dat tijdens die periode het land boven zeeniveau lag of dat de laag door erosie verdwenen is.

- Op de meeste plaatsen is op slechts enkele tientallen meters diepte tertiair materiaal aanwezig.

- De lagen lopen af in noordwestelijke richting ten gevolge van de opheffing van het land vanuit zuidoostelijke richting.

- Het Carboon met de steenkoolhoudende lagen ligt bij Kerkrade veel dichterbij de oppervlakte dan bij Geleen.

In bijlage II-c is van Zuid-Limburg een geologisch overzicht gegeven. Op dit kaartje is aangegeven welke afzettingen, uit welke periode, in Zuid-Limburg voorkomen. In dit overzicht is de bovenste laag bestaande uit löss, Maaszand en-grind afkomstig uit de laatste geologische periode, het Kwartair, weggelaten.

Enkele kenmerken van de bovengenoemde lagen zullen iedere opmerkelijke wandelaar wel eens zijn opgevallen. Daarom zullen de volgende onderwerpen bij sommige lezers wel bekend zijn.

Bruinkool

Bruinkool bestaat uit ingekoolde moerasvegetatie en werd gevormd o.a. in het Midden-Mioceen. Onder subtropische omstandigheden ontstonden direct achter of aan de kusten enorme moerasbossen. In Zuid-Limburg bevinden zich bruinkoollagen o.a. in het gebied rond Brunssum en op de Graetheide en hier is in het verleden ook bruinkool ontgonnen. Er zit nog wel bruinkool in onze omgeving, maar de lagen zijn slechts enkele meters dik en exploitatie ervan zou momenteel niet lonend zijn. In tegenstelling tot het zg. Keulse Bekken, waar lagen tot 100 meter voorkomen en waarvoor de ontginning zelfs hele dorpen worden afgebroken en verplaatst.

Zilverzand

Ook het zg. zilverzand is een miocene afzetting, die in feite bestaat uit zand met een laag gehalte aan verontreinigingen en een zeer hoog kwartsgehalte (SiO_2). Zo mag bv. het ijzergehalte van zilverzand, dat gebruikt wordt in de kristalglasindustrie slechts max. 0,03% bedragen.

Het ontstaan van dit zeer zuivere zand wordt toegeschreven aan duinafzettingen waarin nauwelijks verontreinigingen door plantengroei voorkwamen. De zilverzand-lagen komen meestal voor samen met bruinkoollagen. Men veronderstelt dat de humuszuren uit de bruinkoolvormende lagen er hebben toe bijgedragen dat het onderliggende zand nog zuiverder is geworden; zuren lossen immers verontreinigingen op. Op de Brunssummerheide en de Mechelse Heide(B) wordt nog zilverzand ontgonnen.

Groenzand of Glauconietzand

Groenzanden en -kleien zijn belangrijke afzettingen uit het Oligoceen en de Formatie van Vaals. De groene kleur wordt veroorzaakt door het mineraal glauconiet.

Het ontstaat in ondiepe zeeën (minder dan 1000 m diep) en wordt o.a. aangetroffen in een strook van Meerssen tot Stein. (Elsllooër bos) Het groenzand werd in de eerste helft van deze eeuw nog gebruikt als grondstof voor waterontharders, kaliumkunstmest en kleurstoffen. De concentratie in het Limburgse groenzand is echter te gering om ook in het verleden exploitatie lonend te maken.

Bruine afzettingen

Door grondwatercirculatie kan het ijzer uit onderliggende glauconiethoudende lagen een bruine kleur veroorzaken in bovenliggende lagen. (bv grindlagen) Ook mangaanverbindingen kunnen bruinverkleuring van bv. het grind veroorzaken. Zo ligt in Stein langs de Maas over een lengte van ca. 2 km, een 1 m dikke met mangaan verrijkte grindlaag.

In de oorlogsjaren 1940-'45 hebben serieuze plannen bestaan om deze laag te ontginnen.

Fosforieten

Dit zijn calcium-fosfaatknollen en -bollen, die vaak in de grenslagen van de diverse geologische tijdvakken van het Tertiair voorkomen. In de kern bevatten ze vaak nog fossielresten; hun ontstaan in ondiep zeewater (minder dan 300 m) gaat vaak samen met plaatselijke opeenhoping van dierresten op de zeebodem. Zo vinden we in de haaietandenlaag van Elslloo ook fosforieten terug.

Cerithiën - en Nucula-klei

Beide zijn groene en vette kleien, die uit het Oligoceen afkomstig zijn. Cerithiën -klei bevat torenschelpjes (Cerithiën) en is kenmerkend voor het leefmilieu in brak water langs een kust.



Cerithiën

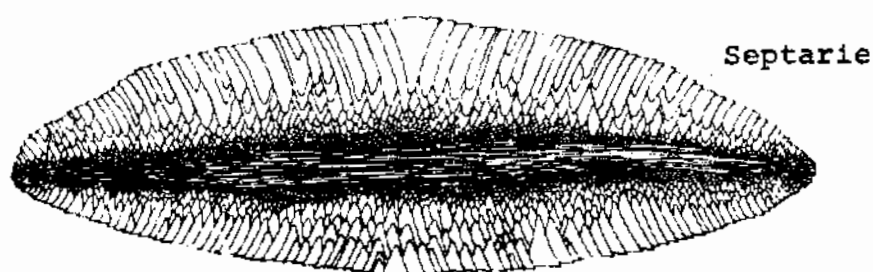


Nucula

Nucula-klei bevat als typerende fossielen Nucula-schelpjes, die verder van de kust af, in meer zout water het best gedijen. Beide fossielen, ontstaan resp. in brak en zout water, kunnen daardoor dienst doen als hulpmiddel voor het determineren van afgezette lagen.

Septariën

Dit zijn grote ovaalvormige kalk-concreties, die voorkomen in oligocene lagen. Zij ontstaan in kalkhoudende zand- en kleilagen. Vaak zien we in het binnenste van de Septarie kristalafzettingen van Calciet. (CaCO_3)



Septarie

Platte blauwe vuurstenen (schuifstenen).

Samen met schelpenhoudend zand komen deze typische stenen voor als grenslaag in tertiaire afzettingen. Hun platte gladde vorm ontleen deze stenen, oorspronkelijk afkomstig uit krijtlagen, aan de slijpende werking van de branding langs de kusten in lang vervlogen tijden. Zo zijn in het gebied tussen Elsloo en Bunde deze stenen nog terug te vinden.

Als we de tertiaire geschiedenis van Zuid-Limburg met een sneltreinvaart en met sprongen van miljoenen jaren doorlopen, dan komen we tot de volgende panorama's

In de overgang van het Krijttijdperk naar het eerste tijdvak van het Tertiair, het Paleoceen, 65 miljoen jaren geleden, was Zuid-Limburg samen met de Ardennen en de Eifel bedekt

door een zee waarin o.a. schildpadden, haaien en de Basilosaurus voorkwamen. Deze laatste zag er vervaarlijk uit met zijn visselijs van 25 m. lengte, een kop van anderhalve meter en een dolktandengebit.

Het is zeker, dat in het volgende tijdvak -het Eoceen- het land in onze omgeving gedurende langere perioden boven zeeniveau heeft gelegen.

Tot de landdieren uit die periode behoorde o.a. het Hyrachtherium (oerpaardje), een op een paard gelijkend beestje, dat echter niet groter was dan een middelmatig grote hond. Toch was dit de voorvader van het huidige "edele ros". Aanzienlijk groter was de Diatryma een soort struisvogel, ongeveer drie meter hoog met een kop van circa een halve meter. Deze moet best in staat zijn geweest een oerpaardje met huid en haar te verslinden.

In het Oligoceen, van 37 tot 26 miljoen jaren geleden, heeft de zee weer een dik pak sedimenten in Zuid-Limburg afgezet. Toch heeft niet gedurende deze gehele periode de zee ons gebied bedekt. Dit wordt verklaard uit het feit dat bv. langs de lijn Geleen-----Geulle duidelijk strandafzettingen zijn aangetroffen, die duiden op de aanwezigheid van een kustlijn. (Rolstenen en schelpenbanken) Ook uit de analyses van zandmonsters uit sommige oligocene lagen blijkt, dat het zand werd aangevoerd door rivieren en in de monding van die rivieren is neergelegd. De wetenschap die dit onderzoekt is de sedimentologie.

Op het einde van het Oligoceen en het begin van het Mioceen vond de tweede grote landopheffing van het Tertiair plaats. De daaropvolgende transgressie (terugkomen van de zee) zette weer grote delen van Zuid-Limburg onder water. Waarschijnlijk ontstond in deze periode de haaietandenlaag van Elsloo en groeiden de moerasbossen, die later in bruinkool werden omgezet. Lagunen met subtropische moerassen vormden toen het overwegend beeld van het landschap in onze streken. Aan het einde van het Mioceen vindt een regressie (terugtrekking van de zee) plaats in onze streken ten gevolge van de opheffing van de bodem door de Alpengebergtevorming.

Het Pliocéen, het laatste tijdvak van het Tertiair, is voor Zuid-Limburg zeer belangrijk omdat het land toen min of meer definitief droogviel en het "boetseren" van het oppervlak, zoals we dat nu zien, begon. Markante dieren uit deze periode waren de sabeltandtijgers en de mastodonten. Het klimaat veranderde in het laatste gedeelte van het Pliocéen op dramatische wijze; zo daalde de gemiddelde juli-temperatuur van ca. 20°C tot 8°C in het begin van het Kwartair. Het is logisch dat deze grote temperatuursdaling belangrijke veranderingen in de flora en fauna teweegbracht. Over het Kwartair straks meer in hoofdstuk II-3)

In hoofdstuk II-2) wordt eerst een belangrijk aspect uit de tertiaire geologie van onze directe omgeving onder de loep genomen namelijk de in vakkringen over de hele wereld bekende "Laag van Elsloo".

II-2) De Elsloo-laag

- een 20 miljoen jaar oud kerkhof
- 100 jaar discussie
- een vergiftigde zee ?
- welke fossielen vinden we in de Elsloo-laag?

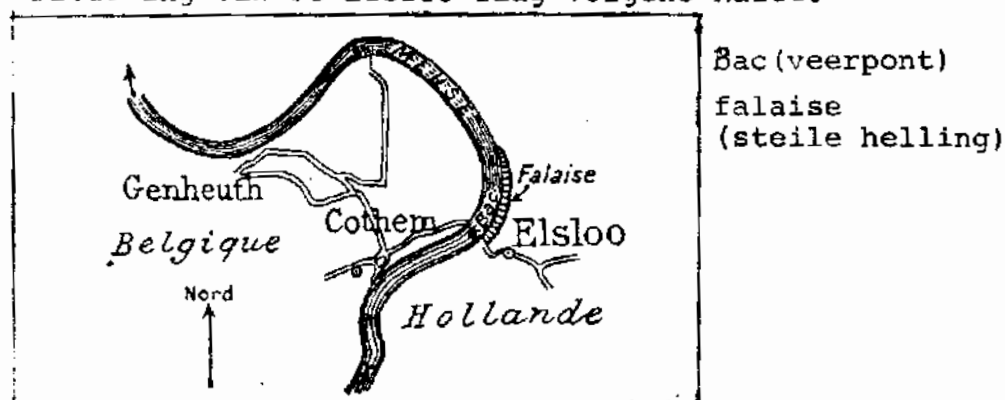
Wie zou gedacht hebben dat ook Elsloo een bijzondere plaats inneemt in de geologie? Waarom kennen alle geologen ter wereld de plaats Elsloo? Wanneer ze over Elsloo spreken, hebben zij het over "de Elsloo-laag". Een beschrijving door de geoloog Staring (1860) luidt als volgt: "Een laag zwartachtig en bruin zand ter dikte van 10 el, welke een laagje van een palm-dikte bevat, bestaande uit kiezels ter grootte van hazelnoten tot die van okernoten, aaneengebakken door bruinsteen en ijzeroer (ijzerhoudend bindmiddel) en vermengd met haaietanden en kernen van zeeschelpen".

Uit deze zin blijkt waarom wetenschapsmensen uit de gehele wereld zo geïnteresseerd zijn in de zandlaag die zich in Elsloo bevindt. Deze laag blijkt namelijk een enorme hoeveelheid fossielen te bevatten, getuige het feit dat men in $1/10 \text{ m}^3$ zand, 327 haaietanden en 355 steenkernen van mollusken (weekdieren) aantrof. Hierdoor kreeg de fossielenlaag van Elsloo zijn bekendheid. De belangstelling hiervoor werd opnieuw gewekt tijdens het graven van het Julianakanaal ter hoogte van Elsloo in 1930 omdat het tracé dwars door de bovengenoemde laag liep.

In 1914 schreef de geoloog Halet het volgende over de situering van de Elsloo-laag: "De laag van Elsloo begint stroomopwaarts ongeveer bij het veerpont Cothem-Elsloo en strekt zich tot 500 à 600 meter stroomafwaarts van dit punt uit. Maar vertrekkend bij het veerpont kan men slechts over

een afstand van ca. 400 meter de Laag bestuderen (tot aan de grenspaal H.P.N. nr. 101). De rest is verborgen door de vegetatie en door verzakkingen".

Fig. 9 Situering van de Elsloo-laag volgens Halet.



In bijlage II-d is in een stratigrafie, een vertikale doorsnede van de bodem, de diepte van de fossielenlaag aangegeven. Het kaartje naast de stratigrafie geeft via de punten 1 t/m 5 de plaatsen aan waar grondboringen hebben plaatsgevonden (Dit gebeurde voor het graven van het Julianakanaal).

Thans is van de Elsloo-laag niets meer te zien en sommige delen liggen bovendien onder het wateroppervlak. Een collectie uit deze afzetting bevindt zich in het Geologisch Bureau te Heerlen. (fossielen)

Nu we weten wat met de Elsloo-laag bedoeld wordt, kunnen we de vraag stellen: "Hoe oud is deze laag eigenlijk"? Zoals meestal het geval is in de wetenschap waren de geleerden het niet allemaal met elkaar eens over de ouderdom van deze laag. Immers een van de redenen waarom de laag bekendheid kreeg, was dat de deskundigen elkaar bijna 100 jaar lang in de haren hebben gezeten over dit vraagstuk. De geologen Bosquet, Staring, Jongmans, Leriche, v.d. Geyn, Muller, Halet, Anderson, v.d. Bosch waren het vaak met elkaar oneens. Na veel wetenschappelijke strijd wordt er nu algemeen aangenomen dat de Elsloo-laag is ontstaan en gevormd in het Midden-Mioceen (ca. 15 miljoen jaar).

We gaan nog eens even bekijken in welke situatie onze gebieden verkeerden tijdens het Mioceen. (zie ook bijlage II-e).

De miocene zee heeft geheel Nederland en het noordelijke deel van België bedekt. De rijke miocene haaienfauna van de "Elsloo-laag", die haaiensoorten bevat welke alleen in vol-tropische klimaten leven, wijst erop dat de miocene zee in direkte verbinding stond met het Middellandse- Zee-bekken. Zelfs de minder goede zwemmers onder de haaien, die over het algemeen geen groot verspreidingsgebied hebben, worden in de "Elsloo-laag" gevonden.

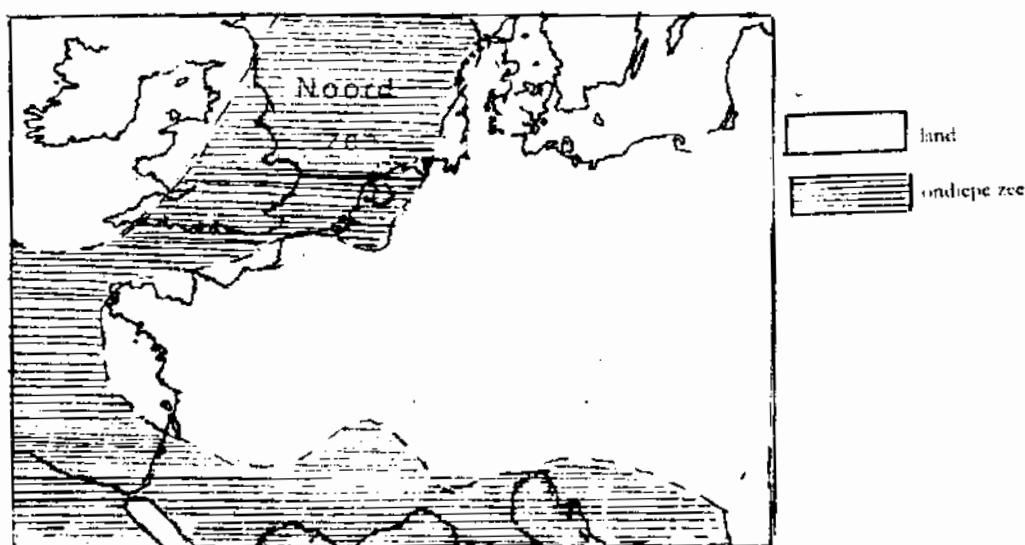


fig. 10. Land-zee verhouding tijdens het Mioceen.

Nu we iets meer weten over de ouderdom van de "Elsloo-laag" kunnen we ons afvragen in welk milieu deze fossielenlaag eigenlijk is ontstaan. Tijdens het Mioceen lag Zuid-Limburg aan een zeebocht, die een gedeelte van Nederland en België bedekte. De afzetting vond waarschijnlijk plaats in lagunen achter strandwallen. In dit water moeten veel dierresten aanwezig zijn geweest. De aanwezigheid van veel haaietanden en slechts enkele resten van ander fossielen duiden op een sterke eb- en vloedstroming tijdens de laagvorming. Haaietanden zijn immers door hun emaille-laag goed bestand tegen verwerking.

Ons inziens zou nog een andere theorie aangehaald kunnen worden.

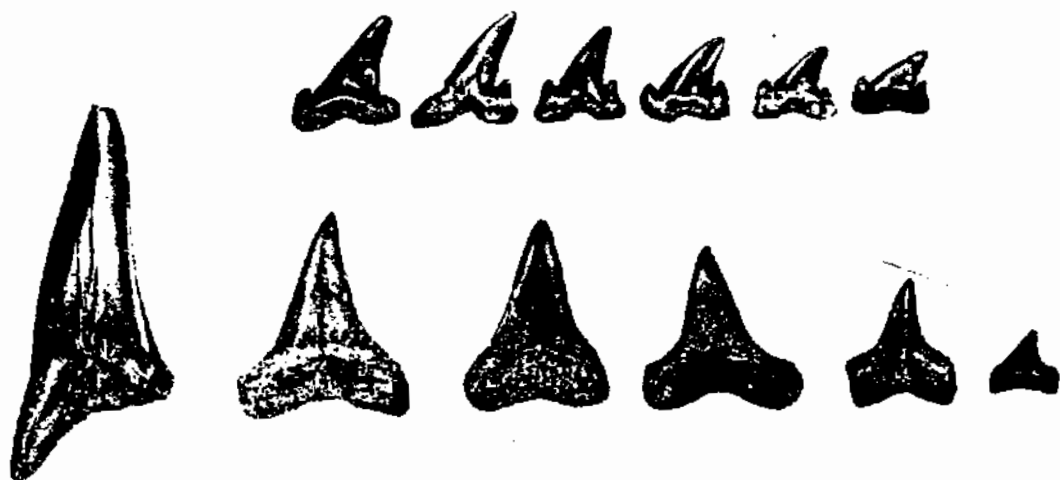
Typerend voor onze laag is het voorkomen van fosforieten. Dit zijn Ca-fosfaten die vooral gevonden worden in water van geringe diepte, meestal niet meer dan 300 meter diep. De fossiele fosfaatafzettingen zijn typische ondiep-water vormingen. In bepaalde omstandigheden kan in een biologisch rijk kustgebied t.g.v. het uiteenvallen van plant- en dierresten een hoog fosforzoutgehalte in het water ontstaan. Dit op zijn beurt bevordert de groei van fyto-plankton. Deze groei kan onder ideale omstandigheden explosieve vormen aannemen. Bepaalde plankton-soorten scheiden echter een giftige stof af, waarbij in zo'n situatie een plotse-linge massale vissterfte kan ontstaan.

Opvallend is de grote concentratie haaletanden in de Elsloo-laag. Het is daarom helemaal niet denkbeeldig dat een catastrofe als hierboven beschreven, zich voor de toenmalige kusten van onze regio heeft voorgedaan. Merkwaardig zijn immers de wel zeer grote aantallen fossielen die zich in de Elsloo-Laag bevinden.

Fossielen in de Elsloo-laag:

De nu volgende inventarisatie van de fossielen is afkomstig van een onderzoek verricht door de amateur-archeoloog/geoloog dokter H.J.Beckers uit Beek in 1931. Beckers: "Het is een mengelmoes van allerhande dierresten"

A. Tanden: 1) Een ontelbaar aantal haaletanden



2) Saurii (krokodil-achtigen)



3) Een zeer groot aantal tanden van verschillende diersoorten in allerlei afmetingen en vormen bv. roggetanden



B. Wervels en beenstukken van allerlei diersoorten:

1) Viswervels.

2) Haaiewervels en andere wervels c.q. beenstukken. Men vindt hier alle overgangen van het gave stuk bot, waarvan slechts de organische stof is opgelost en de beenstructuur nog volkomen bewaard is, tot exemplaren met een totaal structuurloze steenmassa.



C. Afdrukken en steenkernen van schelpen

Het sterkst zijn de Gastropoden en Pecten vertegenwoordigd. (zeeschelpen)



D. Hout:

- 1) Een stuk boomstronk, gedetermineerd als coniferenhout.
- 2) Verschillende stukjes, die geheel versteend zijn, andere waarvan de opbouw van het hout nog duidelijk zichtbaar en te herkennen is.

Dank zij deze fossielenlaag neemt Elsloo een bijzondere plaats in de geologie in, waarvan de bekendheid tot ver buiten onze grenzen reikt.

II-3 Het Kwartair, de jongste periode in de geologie.

- Gemiddelde juli-temperatuur 0°C !
- Het Kwartair in Zuid-Limburg: grind, heuvels, löss.
- Aanpassingen in de flora en fauna.
- En over 10000 jaar ?

De jongste geologische periode, die wordt ingedeeld in het Pleistocene van ca. 2 miljoen tot ca. 10000 j. , en het Holoceen vanaf 10000 tot heden, heeft ondanks de relatieve korte duur al een zeer bewogen geschiedenis achter de rug. Immers zoals reeds in het overzicht van het Tertiair is gememoreerd, daalde de gemiddelde temperatuur, die al vanaf het einde van het Mioceen een dalende tendens liet zien, bij het begin van het Kwartair op dramatische wijze en werd er een periode van ijstijden ingeluid.

Wat waren de oorzaken van deze ijstijden?

Ook al in vroegere tijdperken, ca. 500 miljoen jaar geleden, heeft het huidige gebied van de Sahara, dat toen dicht aan het Zuidpoolgebied lag, onder een dik pak ijs en sneeuw gelegen. Sommige geologen zien zelfs een periodieke terugkeer van de ijstijden en wel met een tijdsinterval van ca. 250 miljoen jaren. Aangezien de geschiedenis van de aarde zich over miljarden jaren uitstrekt, zijn er vele ijstijden geweest en dit is in de laatste decennia ook bewezen.

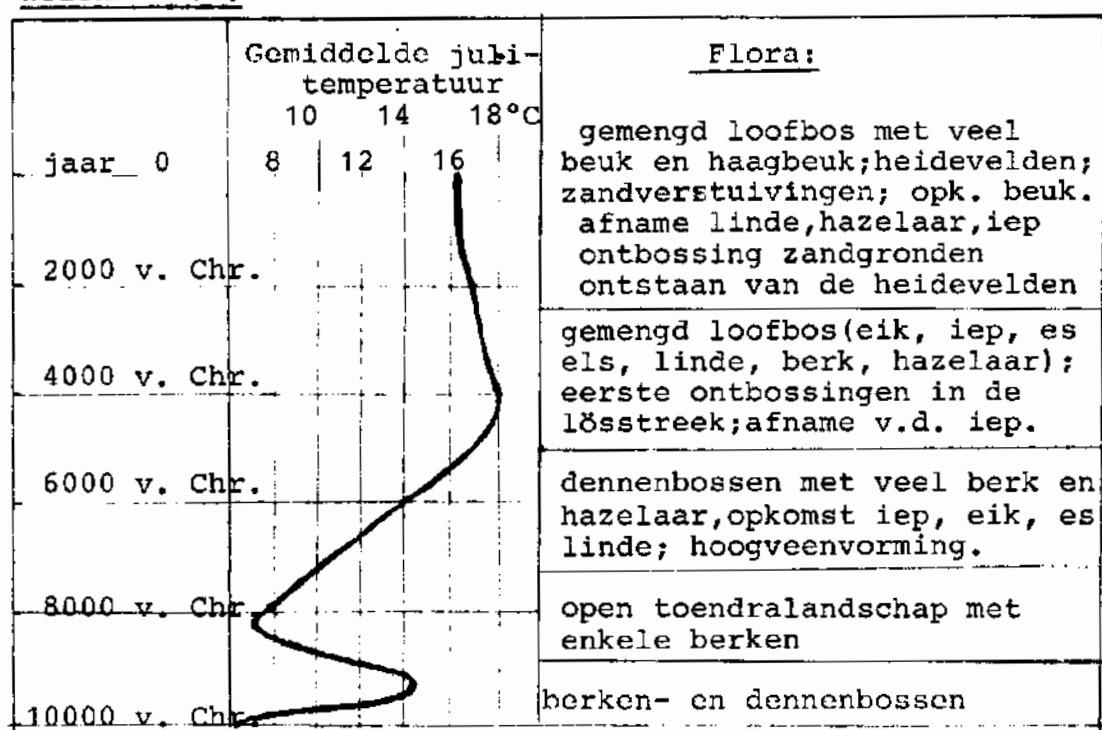
Er zijn een aantal theorieën over het ontstaan van de ijstijden ontwikkeld:

- Veranderingen in de stralingsintensiteit van de zon
- Stofwolken in de ruimte, die de zonnestraling absorberen.
- Het wegdrijven van de continenten naar de poolgebieden, die volgens de theorie van Ewing en Donn minder warmte vanuit het binnenste van de aarde ontvangen. Er treedt dan hier een sterke afkoeling op, waardoor de sneeuw niet meer smelt.

Hierdoor ontstaan grote gebieden met sneeuw en ijs met als gevolg dat door de witte, reflecterende oppervlakten, nog minder warmte wordt opgenomen en de gebieden nog kouder worden. Het einde van de ijstijd wordt dan veroorzaakt doordat de omringende poolzeeën dichtvriezen, de temperatuur van de zeeën verder daalt, minder verdamping en dus minder neerslag plaatsvindt. De ijsgrens wordt dan teruggedrongen door de koude zeeën, die water bevatten met een temperatuur die wel in staat is ijs te doen smelten, maar te koud is om te verdampen en dus geen nieuwe aanvoer van sneeuw veroorzaakt.

-Ook een verlaging van het CO₂-gehalte in de atmosfeer wordt als mogelijke oorzaak gezien.

Helemaal duidelijk en bewezen zijn de oorzaken van de ijstijden nog niet, maar wel is het waarschijnlijk, dat bv. over ca. 10000 jaar weer een nieuwe zeer koude periode kan optreden. In bijlage II-e) zien we een overzicht van de ijstijden met de benamingen van de glacialen, perioden met zeer lage temperaturen. Interglacialen zijn de perioden met de wat hogere temperaturen. Op de klimaatcurve zien we, dat we nu in zo'n interglaciale periode zitten. In de onderstaande fig. 10 de "stuiptrekkingen" van de laatste ijstijd het Weichselien.



Het verband tussen de temperatuur en de flora is in fig. 10 duidelijk te zien.

Door de enorme watermassa's, die zich in de vorm van sneeuw en ijs in de poolgebieden tijdens de ijstijden opstapelen, daalt het zeeniveau aanzienlijk. Het zeeniveau kan dan 150 tot 200 m dalen! In onderstaande kaartjes wordt dit geïllustreerd. In 7300 jaar v. Chr. zien we, dat Nederland en Engeland nog één geheel vormden en dat ca. 1000 jaar later de huidige definitieve afscheiding reeds een feit

Fig. 11

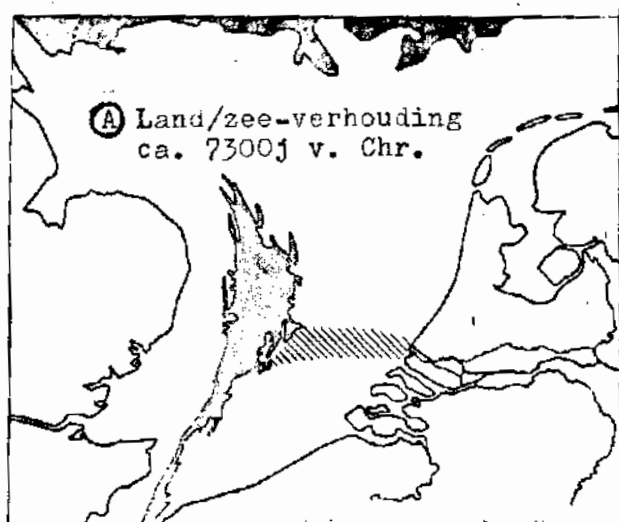


Fig. 10 en 11 zijn bewerkt uit: "Pre-historische Kulturen in het zuiden der Lage Landen" van S.J. de Laet.

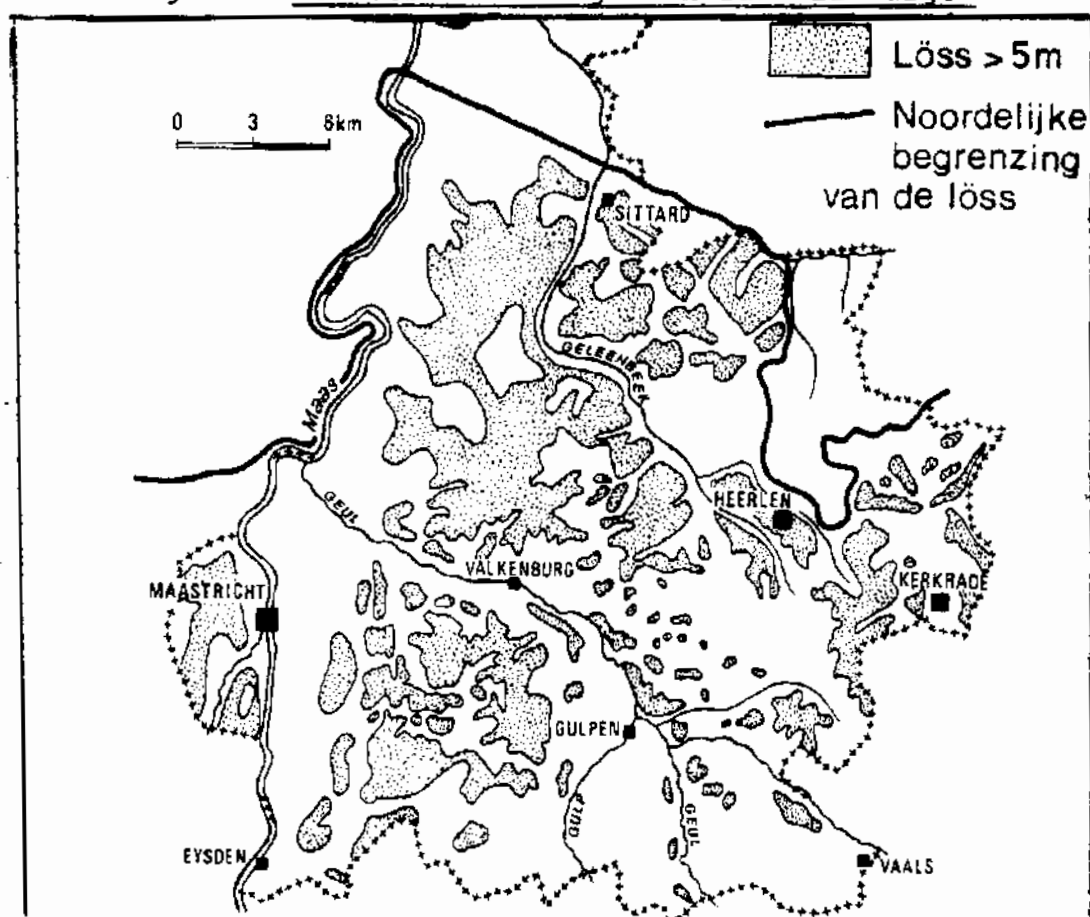
Löss-afzettingen.

De vruchtbaarheid van het Zuid limburgse land, de flora, wordt o.a. sterk bepaald door de löss. Zij komt voor in geheel Zuid-Limburg, zoals in fig. 12 wordt geïllustreerd. Fig. 12 laat zien dat de noordelijke begrenzing van de lössafzettingen boven Sittard loopt en geeft tegelijk de gebieden aan, waar het lösspakket dikker is dan 5 m.

Löss bestaat uit deeltjes van 0,002 mm tot 0,065 mm; kwarts (75 %) is het hoofdbestanddeel en daarnaast komen ook glimmers, veldspaten en andere mineralen voor. Löss is fijner dan zand en grover dan klei.

Algemeen wordt nu aangenomen dat de löss door de wind is afgezet tijdens de laatste ijstijden. Tijdens de ijstijden viel de Noordzeevlakte droog ten gevolge van een dalend zeeniveau. Westerstormen joegen over deze vlakten en de klei- en zandafzettingen uit de voormalige ondiepe zee werden ver landinwaarts geblazen. De schamele toendra-vegetatie, waarvan de noordgrens ten noorden van Sittard lag, was in staat om de lössdeeltjes vast te houden. Ook het heuvelachtig karakter van Zuid-Limburg kan ertoe hebben bijgedragen dat de löss hier werd vastgehouden.

Fig. 12 De löss afzettingen in Zuid-Limburg.



In het Kwartair werd onze omgeving "geboetseerd". De afwisselend koude en warme perioden, de zich van oost naar west verplaatsende Maas, het uitslijpen van de dalen, het afzetten van de grind- en lösslagen, dit alles maakte Zuid-Limburg tot het zo gevarieerd en landschappelijk prachtig stukje Nederland, zoals wij dit nu kennen.

II-4) Een wispelturige rivier

- Limburg, een laagvlakte.
- Oost- en West-Maas.
- Een zijrivier van de Rijn.
- Heuvellandschap is Maaslandschap.
- Maasterrassen.
- Maar liefst 108 verschillende soorten Maasgesteenten.
- Wijzigingen in de loop van de Maas in de omgeving van Elsloo.

Wat zou Limburg zijn zonder de Maas? Juist ja, hetzelfde als Holland zonder dijken! Het is immers zo dat de huidige vorm van ons prachtige heuvelland voor een groot gedeelte bepaald is door de Maas. Om er achter te komen hoe dit in zijn werk is gegaan, moeten we zo'n 10 miljoen jaren teruggaan in de tijd. Even als geheugensteun enkele tijdvakken met hun jaartallen.

- Mioceen van 26 tot 7 miljoen jaren geleden ----- Tertiair
- Plioceen van 7 tot 2,5 miljoen jaren geleden
- Pleistoceen van 2,5 miljoen tot 10.000 jaren geleden
- Holoceen vanaf 10.000 jaren geleden tot heden

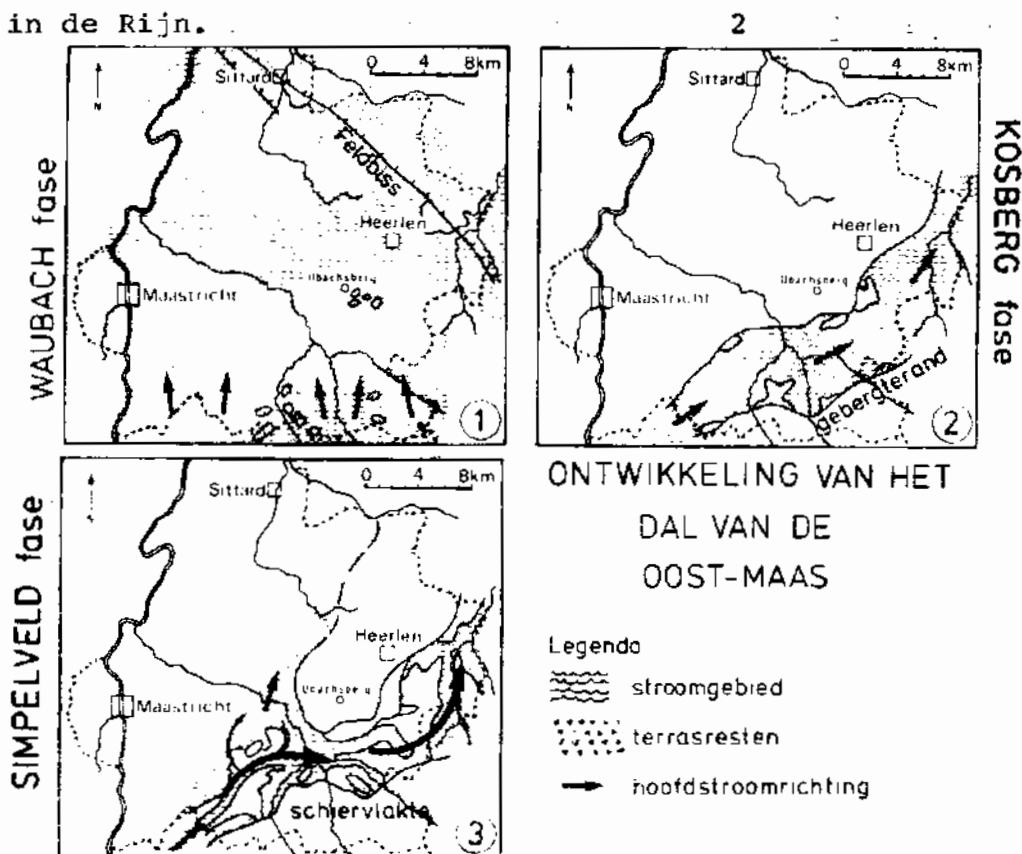
In de laatste tijdvakken van het Tertiair vormde Zuid-Limburg samen met de Ardennen een schiervlakte, waar rivieren uit het zuiden hun sedimenten, zand, grind en klei neerlegden. Het hoogteverschil met de zee was veel geringer dan nu en nog in het Mioceen is een groot gedeelte van Zuid-Limburg door de zee bedekt geweest, of bestond het landschap uit een zich langzaam naar het noorden verplaatse kuste. (zie de kaartjes op bijlage II-f)

Op deze kaartjes wordt de verhouding tussen land en zee aangegeven. Op het bovenste kaartje zien we dat alleen een stuk van Zuid-Limburg, van de Achterhoek en Twente nog vasteland is. De rest van Nederland was door een ondiepe zee bedekt. Het onderste kaartje geeft een jongere situatie aan, maar altijd nog ca. 5 miljoen jaren geleden, de toestand van vóór de ijstijden.

Zoals reeds in hoofdstuk II-2 is gebleken is ook de "Laag van Elsloo" in de periode afgezet, die wordt aangegeven door het bovenste kaartje.

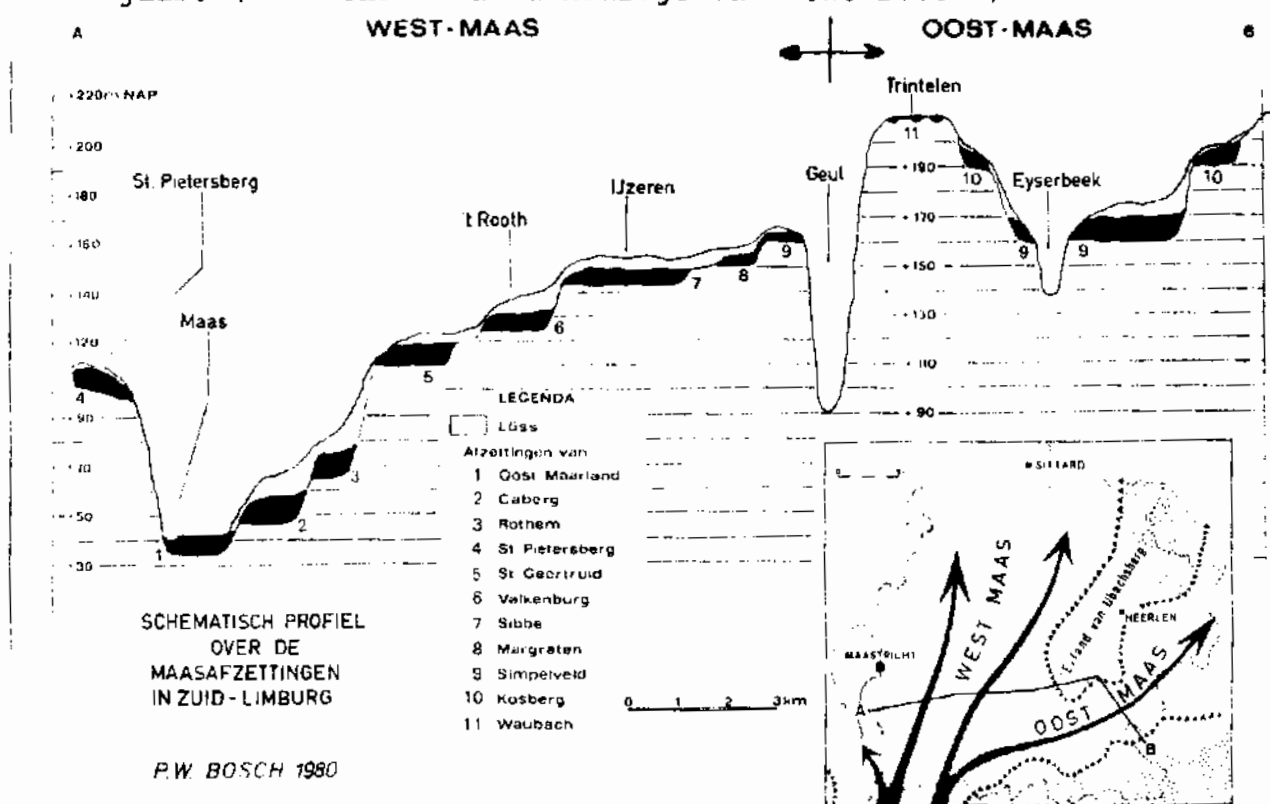
In het Plioceen vond een opheffing van het land plaats van de Ardennen en de Eifel en ook van het gedeelte van Zuid-Limburg tot aan de zg. Feldbiss. Dit is een breuk in de aardkorst, die loopt langs de lijn Sittard-Kerkrade. Door deze opheffing gingen de rivieren zich in de voormalige vlakte insnijden en ontstonden diepe dalen en heuvels. In eerste instantie werden grote delen van de Ardennen "doorploegd" en de rivieren namen gesteenten uit deze gebieden mee. Omdat de opheffing vanuit het zuiden begon, werden de sedimenten van de rivieren in onze omgeving afgezet. (zie onderstaand kaartje van P.W. Bosch)

In de zg. Waubach-fase, ca. 8 miljoen jaren geleden zien we dat de Oer-Maas nog over ons gehele gebied sedimenten heeft afgezet. In de Kosberg-fase, ca. 3 miljoen jaren geleden ontstond een stroomgebied dat liep vanaf Luik via Kerkrade naar Jülich in Duitsland waar de Maas uitmondde in de Rijn.



Doordat de landopheffing zich vanuit de Ardennen in noord-westelijke richting voortzette, schoof de Oer-Maas gedurende miljoenen jaren langzaam van zuid-oost naar noord-west dwars door Zuid-Limburg tot ze de huidige bedding bereikte. De ijstijden van de laatste 2 miljoen jaren hadden tot gevolg dat in de winter de Maas geheel bevroor, maar in de zomer, als de temperatuur tot 5 à 10°C steeg, deden enorme hoeveelheden smeltwater van de Ardennen de rivier zwellen tot een woeste stroom van kilometers breed; het is duidelijk dat daardoor de insnijding en de erosie van ons gebied, het ontstaan van de heuvels en dalen, sterk werden bevorderd.

Doordat de Maas zich van Oost naar West verplaatste en steeds dieper de bodem uitspoelde, ontstonden de zg. Maas-terrassen, achtergebleven zand- en grindafzettingen, die in de westelijke richting steeds dieper kwamen te liggen. Dit hoogteverschil met de daaraan gerelateerde ouderdom van de terrassen werd door de geologen gebruikt om de terrassen onder te verdelen in het Hoogterras, hoger dan 90 m boven NAP en ouder dan 800.000 jaar, het zg. Middenterras, hoger dan 45 m boven NAP en ouder dan 100.000 jaar en het zg. Laagterras lager dan 45 m boven NAP en jonger dan 100.000 jaar. (zie onderstaand kaartje van P.W. Bosch)



Het is logisch, dat stenen, grind, zand, silt en klei, die door de Maas werden en worden aangevoerd, afkomstig zijn van het stroomopwaartse gebied. De genoemde sedimenten worden geklassificeerd aan de hand van hun afmetingen:

- stenen, groter dan 64 mm doorsnede
- grind, groter dan 2 mm en kleiner dan 64 mm
- zand, groter dan 0,064 mm en kleiner dan 2 mm
- silt (löss), groter dan 0,002 mm en kleiner dan 0,064 mm
- klei, kleiner dan 0,002 mm doorsnede.

Voor een overzicht van het totale stroomgebied van de Maas zie kaartje bijlage II-g.

Een groot aantal van de Maas-gesteenten zijn in het verleden door de geologen en mineralogen gedetermineerd. Zo deed de geoloog Van Straaten in 1943 een grindonderzoek in Zuid-Limburg, waarin hij 108 verschillende soorten determineerde en beschreef.

Enkele bekende Maasgesteenten zijn:

- Blauw-grijze Revinien-kwartsiet met de typisch kubusvormige gaatjes.
- Gerolde en hoekige vuursteen.
- Geel-bruine zandstenen.
- Witte gangkwars
- Rood- bruin -zwart-wit Burnot-conglomeraat.
- Zwart lydiet of toetssteen.

In bijlage II-h is aangegeven, hoe zo'n gedetermineerd gesteente op kaart wordt vastgelegd.

Ook in onze directe omgeving heeft de Maas zijn loop vaak verlegd. Zelfs de laatste honderden jaren, geologisch gesproken slechts een micro-flits, zijn grote wijzigingen opgetreden, die gepaard gingen met grenswijzigingen en overstromingen. Op Bijlage II-i staat een tweetal kaartjes, afkomstig uit: "Wijzigingen in den loop van de Maas tussen Itteren en Stein" van H.J. Beckers en uit: "Enige gegevens over de vroegere loop van de Maas bij Elsloo" van L. van Mulken. Wie hierover meer wil weten kan een schat van gegevens in bovengenoemde artikelen vinden.

III-1) Gevaarlijke drijfzanden

- Grote problemen tijdens de aanleg van de spoorweg.
- 'n Narrow escape.
- Verschuivingen op de Scharberg.
- Hellingbronnen.

Grondverzakkingen zijn in Zuid-Limburg een bekend verschijnsel en meestal denkt men dan terecht aan de gevolgen van de kolenontginning. In onze omgeving heeft zich een aantal van deze verschijnselen voorgedaan die een geheel andere oorzaak hebben.

-Op 14 maart 1772 is bijvoorbeeld volgens Bachiene (Vaderlandse Geografie) een gedeelte van de Scharberg verzakt tengevolge van een enorme massa water die zich in de "Berg" verzameld had.

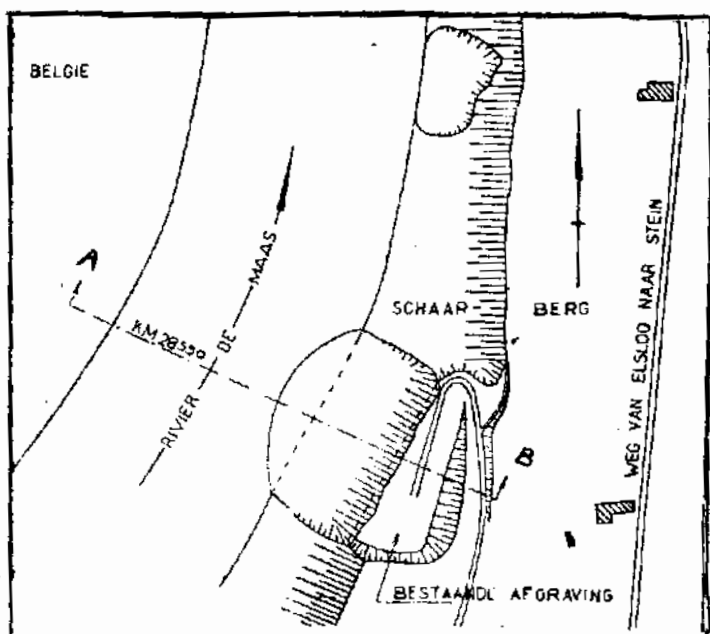
-Op 28 oktober 1864 deed zich ten zuiden van Terhagen, tijdens de aanleg van de spoorweg naar Maastricht een grote aardverschuiving voor. Over een lengte van 400 m verzakte de spoorlijn. Op 27 april van hetzelfde jaar was ook al een gedeelte van de spoorlijn enkele meters weggezakt, terwijl het ernaast gelegen terrein circa 1,5 m omhoog kwam (drijfzanden). Hierna werd het tracé in noord-oostelijke richting verlegd.

- Een narrow-escape deed zich voor op zondag 25 september 1892 om 8.³⁰ u, toen direct na het passeren van de sneltrein Roermond-Maastricht de spoorlijn over een lengte van honderden meters verzakte en verschoof! De rails hingen na deze bijna-ramp als een "luchtbrug" boven de verzakking. Zie bijlage III-a). Dit gebeurde ongeveer 500 m zuidelijker dan de verzakkingen in Terhagen in 1864.

- Gedurende vele jaren, tot circa 1933, hebben de Nederlandse Spoorwegen diverse werken uitgevoerd om dit verzakingsgevaar te beteugelen. Putten, grindbergen, duikers en allerlei afwateringswerken kostten tientallen miljoenen guldens op dit wel zeer moeilijke traject van Elsloo tot Bunde.
- Nog in 1927, in de nacht van 26 op 27 maart, schoof de helling van de Scharberg over een lengte van 90 m, inclusief bomen en struiken, de Maas in.

Fig. 14 geeft de plaats aan waar dit gebeurde.
(Aan de Maasoever ten westen van de brug over het kanaal)

Fig. 15 geeft in een dwarsnede aan, dat ter hoogte van de afschuiving de breedte van de Maas tijdelijk afnam van 92 tot 78 m.



De kaartjes zijn nog van
vóór het graven van het kanaal

Fig. 14 schaal 1:3000

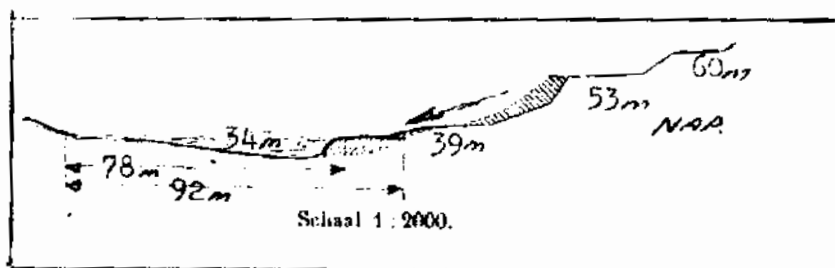


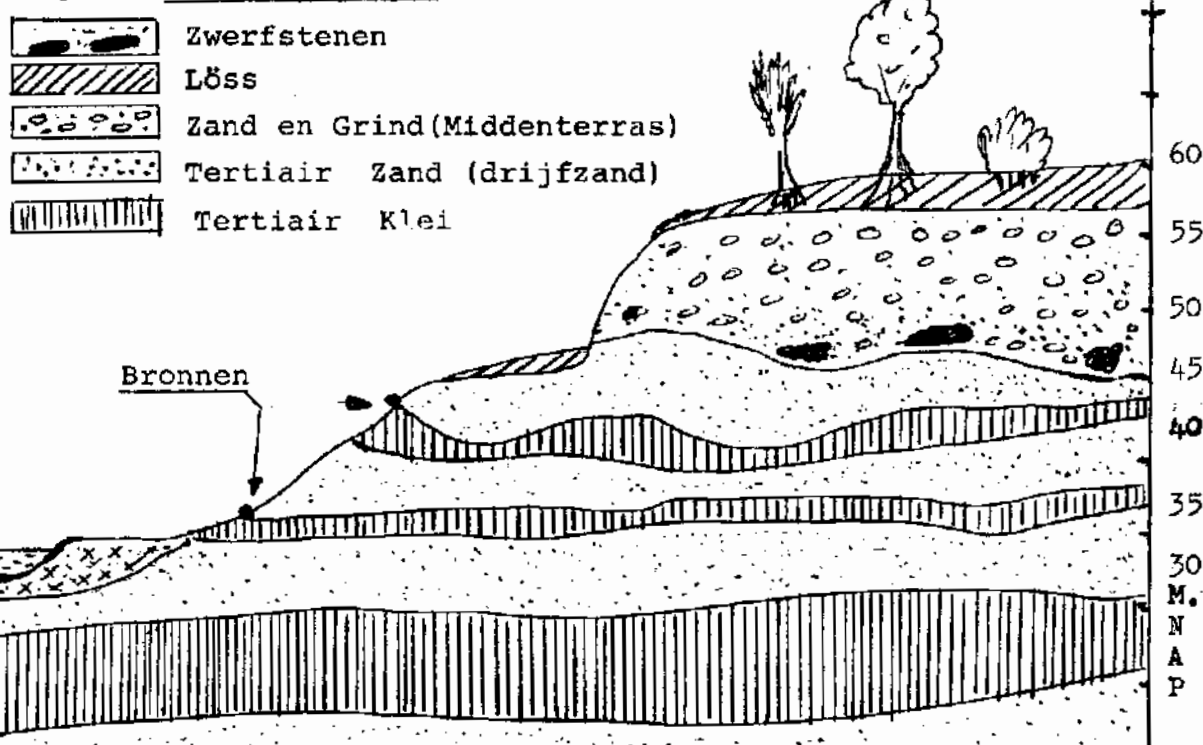
Fig. 15 doorsnede A-B

De oorzaak van de voorgaande gebeurtenissen was het in beweging raken van met water oververzadigde zandbanken. In onderstaande schets is aangegeven hoe dit in z'n werk kan gaan.

De afzettingen in onze omgeving vanaf 45 m boven NAP en dieper bestaan uit afwisselend tertiaire zand- en kleilagen. Doordat de zandlagen wel en de kleilagen geen (of veel minder) water doorlaten, loopt het oppervlaktewater dat in de grond zakt tot op de kleilagen. Als nu deze kleilaag een komvorm heeft, dan zal het zich in die kleikom bevindende zand verzadigd raken met water en veranderen in een papperige, min of meer vloeibare substantie.

Indien door afgraving, trilling, of erosie door overvloedige regenval of andere oorzaken de rand van de kleikom afbrokkelt, dan komt de zandbrij in beweging en zullen grondverschuivingen en verzakkingen optreden. Lopen de kleilagen geleidelijk af naar de heuvelrand, dan ontstaan de bekende hellingbronnen, zoals die tussen Eindhoven en Bunde op talloze plaatsen te zien zijn.

Fig. 16 Hellingbronnen



III-2 Het Julianakanaal

- Algemene gegevens
- Het dilemma van de drie kanaal-tracés
- Een machtig stuk waterbouwkunde.

Algemene gegevens

Hoewel de opzet van dit verhaal is enige geologische aspecten van het graven van het kanaal te belichten, is het toch noodzakelijk vooraf wat algemene informatie te verstrekken.

Het Julianakanaal werd gegraven, nadat in 1921 gebleken was, dat na tientallen jaren van onderhandelen met België over het kanaliseren van de zogenaamde "grens-Maas" tussen Maastricht en Maasbracht geen overeenstemming kon worden bereikt. De behoefte aan een goede verbinding over het water tussen Noord- en Zuid-Nederland werd steeds sterker gevoeld. Verder bleek na studie dat de vaarweg via het te graven kanaal korter zou zijn en aanzienlijk goedkoper dan het kanaliseren van de Maas. Enkele cijfers in dit verband:

- De gekanaliseerde grens-Maas zou 45 km lang worden en 8 sluizen tellen. Deze werkzaamheden werden begroot op circa 40 miljoen gulden.
- Het kanaal zou 35 km lang worden met slechts 4 sluizen. Dit geheel werd begroot op ca. 30 miljoen gulden.

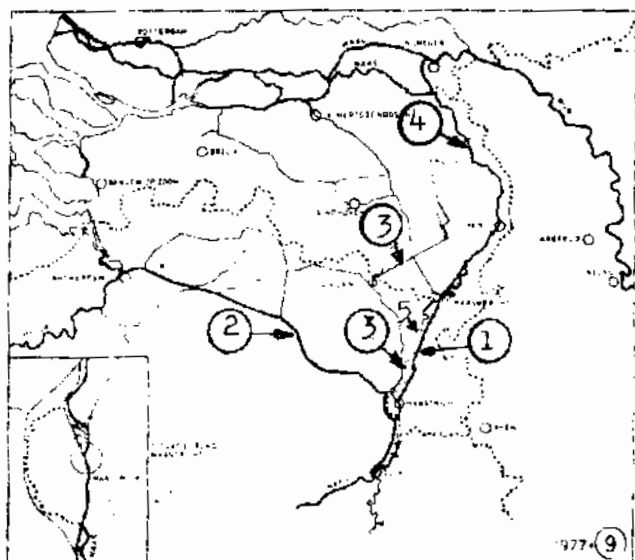
Het kanaal werd voltooid en in gebruik genomen in 1934-35. Het was geschikt voor schepen tot 2000 ton. Voor de situering en de lengteprofielen van het oorspronkelijke kanaal zie bijlage III-b.

In de jaren 1956 - 1968 werden nog enige wijzigingen en verbeteringen aangebracht o.a. het opruimen van de sluis bij Roosteren met de daarbij behorende dijkverhoging tussen Roosteren en Maasbracht; kosten ca. 100 miljoen gulden.

(zie bijlage III-b)

In de onderstaande schets is nog eens aangegeven hoe belangrijk het kanaal is voor het watertransport in Zuid-oost Nederland en Noord-oost België.

Fig.17 Scheepvaart-
wegen



- 1) Julianakanaal
- 2) Albertkanaal
- 3) Zuid-Willemsvaart
- 4) Maas (Bevaarbaar)
- 5) Maas (Onbevaarbaar)

De drie kanaal-tracés tussen Elsloo-Stein-Urmond.

Direct na het besluit tot het graven van het kanaal in 1921 en de studie van het tracé bleek al snel, dat ter hoogte van Elsloo grote problemen te verwachten waren.

Het kanaal kon bijna overal, min of meer parallel aan de Maas, worden aangelegd in de Maasvallei. Ter hoogte van Elsloo was dit echter niet mogelijk, omdat daar de Maas aan de oostzijde direct begrensd wordt door een steile helling die oploopt tot ca. 62 m boven NAP vanaf ca. 35 m (Maasvallei). Het kanaal moest dwars door deze steile en hoge helling heen gegraven worden tot op een diepte van 36 m boven NAP. (Een hoogteverschil dus van 26 m!)

Bovendien wist men uit verschuivingen en verzakkingen uit het verleden dat de "berg" het beruchte drijfzand bevatte, hetgeen door grondboringen bevestigd werd.

De tekening op bijlage II-d) geeft een doorsnede te zien van een gedeelte van de Scharberg, samengesteld en vereenvoudigd aan de hand van grondboringen van Rijkswaterstaat. Van boven naar beneden kunnen we de volgende lagen onderscheiden:

- Enkele meters Limbugse klei of löss, zogenaamde eolische of windafzettingen uit de laatste ijstijden.

- Een dik pakket zand en grind, een vroegere maasafzetting, het zogenaamde middenteras, 5 tot 15 m dik. In dit zand-grind-pakket bevinden zich grote maaskeien tot wel 7500 kg zwaar, zoals de enorme "dikke Stein", die tijdens het graven van het kanaal letterlijk "naar boven" is gehaald en nu is opgesteld aan de bocht van de Julianastraat-Scharberg. Het is een geaderde donkere Revinien-kwartsiet afkomstig uit de Ardennen ingevroren en meegevoerd door grote ijs-schotsen, die tijdens de ijstijden de Maas kwamen afdrijven

- Onder het grindpakket bevinden zich zand- en kleilagen, die zich in het Tertiair, 10 tot 40 miljoen jaren geleden, werden afgezet. De sedimentatie vond plaats in ondiepe zeeën en lagunen. (Zie ook hoofdstuk II). De zandlagen hebben een drijfzandkarakter.

Tijdens de voorstudies voor het kanaal zijn door Rijkswaterstaat 3 mogelijke tracés uitgezet (Zie bijlage III-C)

Voor een deskundig advies over de voor- en nadelen van de 3 tracés vooral ten aanzien van de bodemgesteldheid, werd de hulp ingeroepen van de Rijks Geologische Dienst

te Heerlen, die op het gebied van grondonderzoek en kennis van aardlagen een begrip is. Dit advies mondde o.a. uit in het Rapport-Jongmans, waaruit in de volgende blz. een samenvatting volgt.

Nu volgt eerst een globale beschrijving van de drie tracés: Tracé I, het meest oostelijke van de drie:

Dit liep vanuit Geulle schuin de "berghelling" van het kasteelpark in ter hoogte van het bruggetje over het laatste brede stuk van de Hemelbeek, vervolgde dan zijn weg dwars door Terhagen en de Medammerweide, en kruiste ten slotte in een flauwe bocht de Stationsstraat ter hoogte van de Augustinusschool. Tracé I liep dan vervolgens, de Jurgensstraat en de Burg. Eussenstraat kruisend, in noordelijke richting naar de Steinderweg ter hoogte van de oude gemeentegrens Stein-Elsloo en kwam via Nieuwdorp en het oostelijk deel van Stein bij Berg-Urmond weer uit op het nu bestaande tracé. Dit tracé zou dus de oude dorpskern gespaard hebben. (zie bijlage III-c)

Tracé II het zg. midden-tracé

Dit liep ook in het kasteelpark iets noordelijker dan tracé I, de "berghelling" in, doorkruiste dan de Dorpstraat, Julianastraat, Tiendstraat enz. om zich dan in noordelijke richting langs de Driekuilenweg en ook weer oostelijk van Stein, bij Berg/Urmond in het huidige tracé te voegen.

Tracé III, het meest westelijke, het huidige tracé van het kanaal.

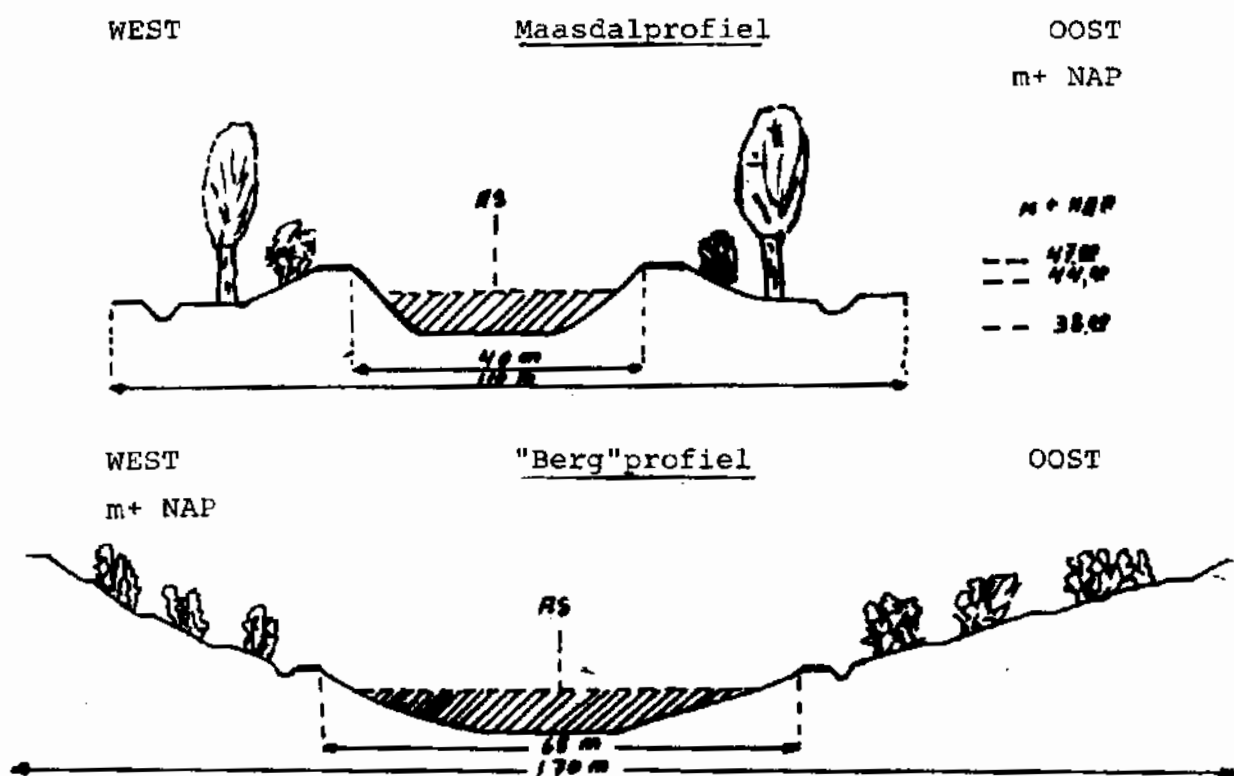
Het Rapport-Jongmans vatte de voor- en de nadelen van de drie tracés als volgt samen:

Tracé I en II zijn veiliger, omdat ze verder van de Maas afliggen, immers het afschuiwingsgevaar is vlak langs de Maas het grootst. Ook de rechttere vormen van deze tracés worden als een voordeel beschouwd. Er bleken echter ook enige grote nadelen te zijn:

Over een afstand van ca. 7 km moest het kanaal in het landschap, dat op 55 à 60 m boven NAP lag, worden ingegraven tot een diepte van ca. 36 m boven NAP. Omdat er slechts zeer flauwe kanaalhellingen mochten ontstaan i.v.m. afschuivingen, moest een zeer brede strook land langs het

tracé onteigend worden. Per meter kanaallengte zou dan 3000 tot 4000 m³ grond afgegraven moeten worden. Ook kwam men dan recht boven het kolenontginningsgebied van de Staatsmijnen en in zo'n gebied is de kans op verzakkingen niet denkbeeldig. Hieronder volgt schematisch het "ruimtelijk" voordeel van het Maasdalprofiel t.o.v. het "berg"-profiel

Fig. 18



Het voordeel van tracé III was, dat slechts over ca. 1,5 km het plateau doorsneden hoefde te worden. De nadelen zijn al gedeeltelijk genoemd:

- groter gevaar voor afschuivingen
- een scherpere bocht in de vaarweg
- de oude dorpskern van Elsloo moest worden afgebroken (ca. 50 panden)

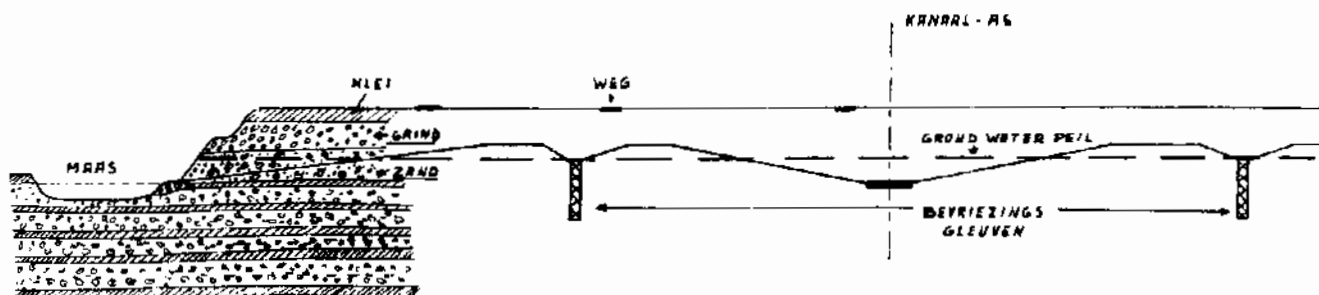
Toch heeft men na afweging van alle voor- en nadelen, gekozen voor het huidige tracé. Dit betekende dus het doorgraven van de Scharberg. In de bijlagen III-^a en III-^b is de situatie voor en na het graven van het kanaal aangegeven.

Een machtig stuk waterbouwkunde.

Vóór, maar zeker ook nog ná de beslissing over het te volgen tracé is door de mensen van Rijkswaterstaat intensief getekend en gerekend om tot een veilige en praktisch uitvoerbare oplossing te komen voor een aantal problemen en gevaren die aan dit tracé verbonden waren.

Het grootste probleem was de beteugeling van de gevaarlijke drijfzanden. Zowel tijdens het graven van het kanaal als erna, was het immers mogelijk, dat dit drijfzand - als er geen extra voorzieningen werden getroffen - zou afschuiven in de richting van de Maas. Het advies van de Rijksgeologische Dienst in het rapport Jongmans uit 1927 bestond in het voorstel om zg. ijswanden aan te brengen, een methode die ook bij de mijnschacht-bouw werd toegepast. Schematisch zag dit plan er als volgt uit:

Fig. 19



Volgens het plan werden aan beide zijden van de kanaalbedding in het drijfzand twee ijswanden aangebracht. Nu zou men zonder gevaar voor verschuivingen het kanaalpand tot een diepte van 36,5 m boven NAP kunnen uitgraven.

De beide ijswanden zouden dan na het graafwerk, dienst kunnen gaan doen als afwateringssleuven om het grondwater uit de Scharberg op te vangen en af te voeren naar de Maas, zodat geen waterdruk tegen de zijkant van het kanaal kon ontstaan.

Hoewel dit advies niet in zijn geheel door de ontwerpers is overgenomen, zijn toch enkele gedachten en ideeën in het uiteindelijke bouwplan verwerkt. In de definitieve uitvoering is men niet uitgegaan van ijswanden, maar van een intensieve bronbemaling, die in sleuven parallel aan de beide zijden van de bedding werd aangebracht. Aan de oostzijde, de kant van de Scharberg, werden om de 30 m pijpen in een sleuf in de grond gebracht. Als men langs het kanaal wandelt, kan men de bovenzijde van die pijpen nog duidelijk zien. De bronbemaling werd uitgevoerd door Rijswaterstaat en daarna heeft de firma Van Hattem en Blankevoort zonder noemenswaardige problemen de kanaalbedding uitgegraven

Op bijlage III-f) is in het dwarsprofiel van het kanaal te zien dat in de uitgegraven bedding een metersdikke draineerlaag van zand en grind is gelégd met als doel de ophoping van water onder en opzij van de kanaalwanden te voorkomen. (NV Maasgrind- en Zandexploitatie "Juliana" te Urmond)

Voor de drainering aan de oostkant werd in een grote bocht, vlak langs het kanaal, een 1.65 m hoge en 1.10 m brede betonnen leiding aangelegd met om de 50 m een inspectie- en verbindingsput. In totaal waren er 34 van dergelijke putten. Wandelend in de richting van Stein, kan men ter hoogte van de kasteelruïne het noordelijke uiteinde van deze leiding zien.

Het andere uiteinde van de leiding loopt via de duiker voor "De Haam" onder het kanaal door naar de Maas. Het is dus mogelijk om zowel via Stein als via de afvoer bij de "Haam" te ontwateren.

In de detail-tekening van de betonnen buis is duidelijk te zien, dat hierin 50 à 60 mm grote gaten in de wand schuin naar onderen zijn aangebracht en waardoor het water afkomstig van de Scharberg en het water van onder het kanaal, zich kan verzamelen. Totaal zijn 1800 buizen gelegd, waarin samen met de putten maar liefst 2000 m³ beton is verwerkt!

Hierdoor is zonder blijvende bronbemaling een goede afwatering en dus een veilige situatie ontstaan. Aan de westzijde van het kanaal is geen draineerbuis aangelegd, omdat de grondlagen glooiend aflopen naar de Maas en hier dus het gevaar van zich verzameld grondwater niet aanwezig is.

Op de bovengenoemde draineerlaag van zand en grind is een asfaltbeton-laag aangelgd ca. 75000 m², dit ter versteviging van de kanaalbodem. Hierop volgde weer een kleilaag om de kanaalbodem waterdicht te maken en een grindlaag ter beschering van de kleilaag.

Tot slot:

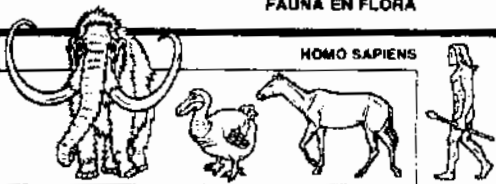
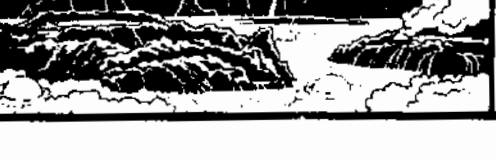
het is natuurlijk zo, dat in de voorafgaande bladzijden slechts enkele aspecten van dit immense karwei, dat gedeels met handkracht moest worden uitgevoerd, konden worden belicht. Uiteraard is een groot aantal andere zaken rond het graven van het Julianakanaal zeker zo interessant. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan enkele sociaal-economische aspecten als de afbraak van complete dorpskerken. Maar dat is een ander verhaal!

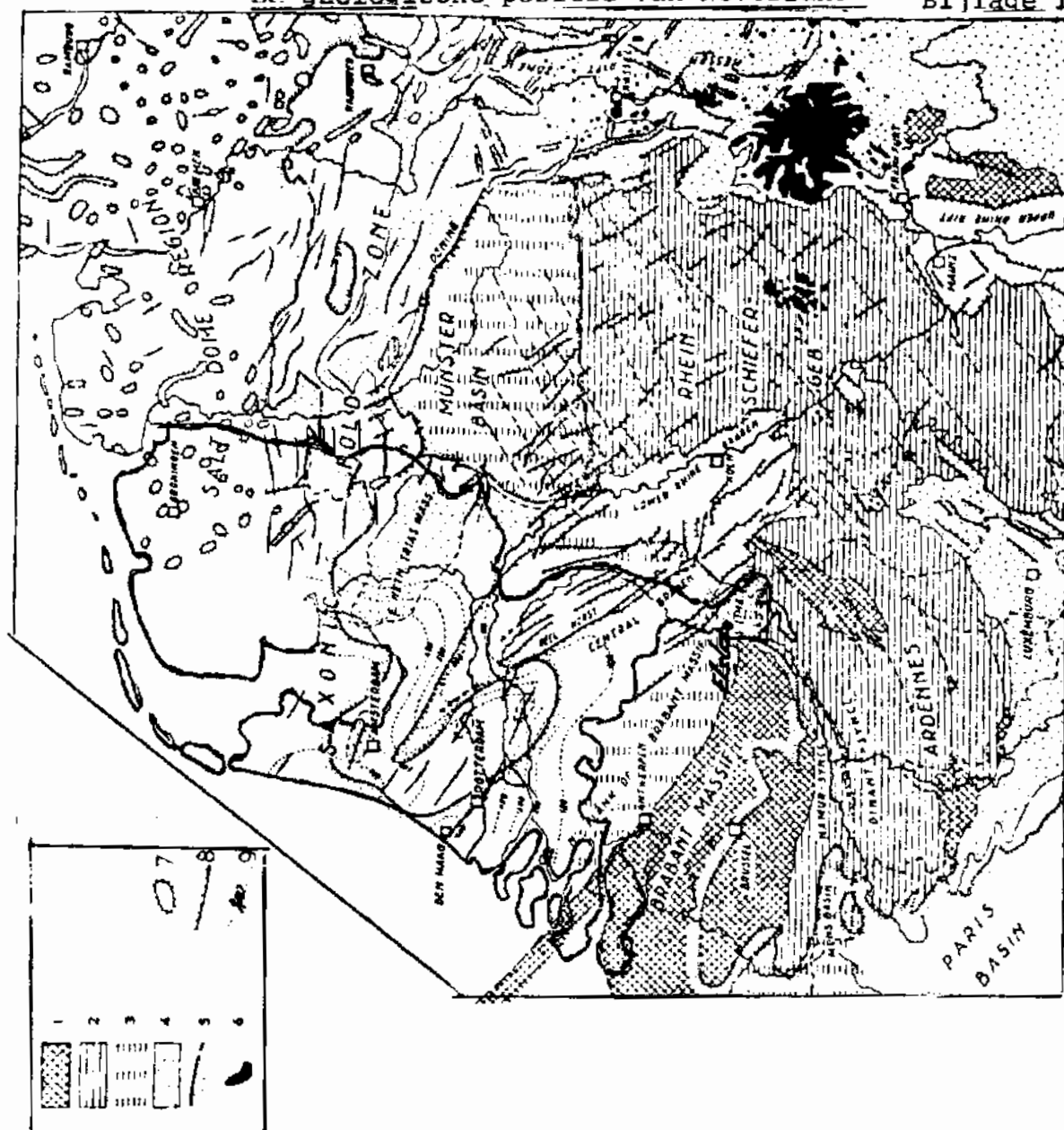
Wij hebben vooral getracht de geologische achtergronden van het tracé bij Elsloo nader te belichten

Literatuurlijst

- P.J. Teune - M.J.M. Terlingen "Milieugeografie, een ecologische benaderingswijze" 1978
- Pannekoek "Algemene geologie" 1973
- P. Lancaster Brown "Planeet aarde in kleur" 1978
- J.I.S. Zonneveld "Tussen de bergen en de zee" 1980
- K. Beurlen "Geologie"
- Uitg. Natuurhistorisch Museum Maastricht "Geologie en biologie van Zuid-Limburg" 1981
- M. de Molyn "Versteend leven" 1958
- Z.V. Spinar "leven in de oertijd" 1978
- J. Keizer and W.J. Letsch "Geology of the Tertiary in the Netherlands" 1963 Geol. Ser., 21-1; pp. 147-172
- F. Halet "La géologie tertiaire de la Campine anversoise et limbourgeoise. La Falaise d'Elsloo et son gravier fossilifère" Bull. Soc. belge de Géol. , pal. et hydr., XXX, 84-100. 1920
- H.J. Beckers "Onderzoekingen in de kanaalinsnijding bij Elsloo (Scharberg)", Jaarverslag 1931, Geol. Bureau van het Ned. Mijngb. Heerlen.
- W.J. Jongmans en F.H. van Rummelen, "Het voorkomen van bruinkool en bruinkoolformaties in Zuid-Limburg" Jaarverslag 1930, Geol. Bureau van het Ned. Mijngb.
- W.A.E. v.d. Geyn "Das tertiär der Niederlande. Mit besonderer Berücksichtigung der Selachierfauna" Proefschrift Leiden. 1937
- J.E. Muller "Sedimentpetrologie van het dekgebergte in Limburg" Meded. Geol. Stichting, Serie C-II-2 no. 2. 1943.
- M. v.d. Bosch "De haaiantanden uit de transgressielagen in de Scharberg bij Elsloo" Natuurhistorisch Maandblad Jrg. 53, No. 2 1964.
- S.J. de Laet "Pre-historische Kulturen der Lage Landen" 1973.
- Veldkamp "Schollentektoniek" 1978

- Pannekoek "Geologische geschiedenis van Nederland" 1956
- M. Bless en J. v.d. Bosch "Miscellanea geologica cor-
iovallana" 1981
- Klink "De Ingenieur" april 1927
- "Verslag Raad van toezicht van de Spoorwegdiensten van
1892"
- Rijksgeologische dienst "Rapport Jongmans" 1927
- Gedenkboek opening Julianakanaal 1934
- P.W. Bosch "Het dal van de Oost-Maas in Zuidlimburg"
Grondboor en Hamer 1981
- L. van Straaten "Grindonderzoek in Zuid-Limburg" mede-
delingen van de Geologische stichting serie C-VI-no. 2
1946.
- H.J. Beckers "Wijzigingen in den loop van de Maas tus-
schen Itteren en Stein" Jaarverslag Geologisch bureau
voor het Nederlands Mijngebied 1929.
- L. van Mulken "Enige gegevens over de vroegere loop van
de Maas bij Elsloo" „De Maasgouw" 1949 (63^e deel)
- Tekeningen Rijkswaterstaat Maastricht

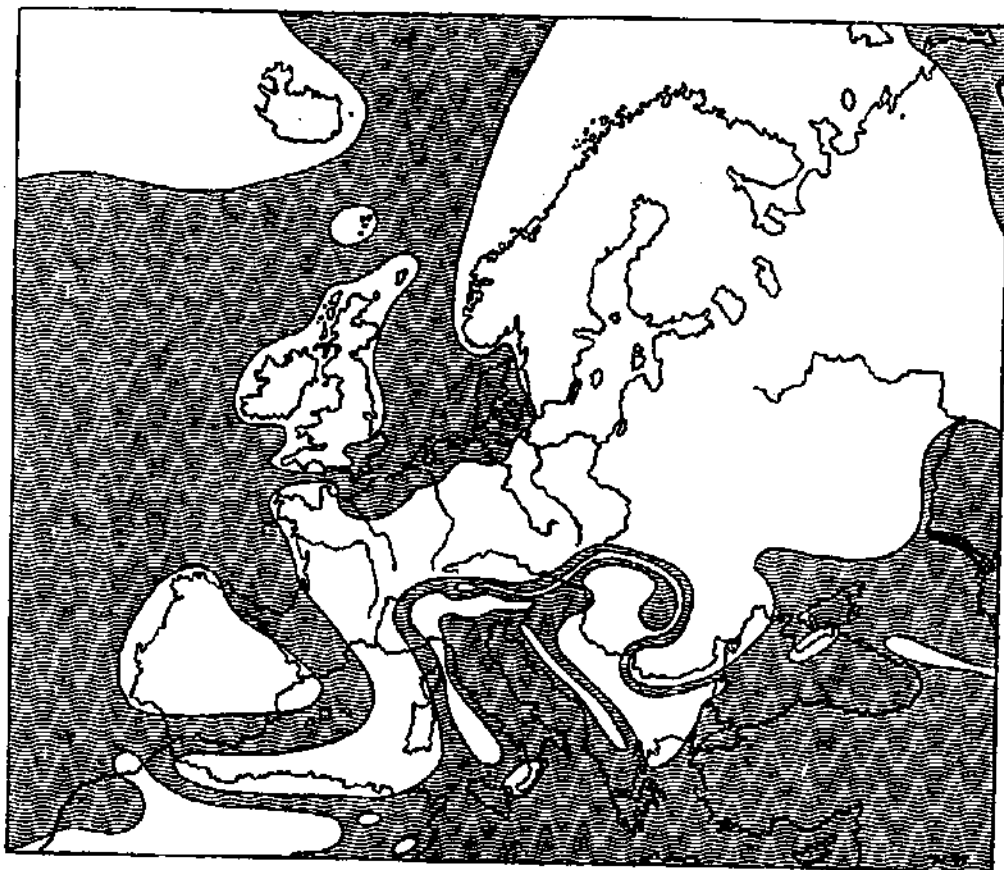
INDELING		OUDEER	FAUNA EN FLORA	
KENOZOICUM	KWARTAIR	2,5 milj. j.		De mens verschijnt op aarde. Grote ontwikkeling vogels. Toendra-flora gedurende de ijstijden en dieren als Mammoet, Neushoorn, Reuzenhert Rendier en Wild paard.
	TERTIAIR	63,5 milj. j.		Geleidelijke ontwikkeling der zoogdieren o.a. Neushoorn, Nijlpaard, Walvis en Mensap. Hogere temperatuur flora met o.a. palmen.
MESOZOICUM	KRIJT	72 milj. j.		Eerste echte zoogdieren, vogels en bedektzadigen. Uitsterven: Ammonieten, Belemnieten en reuze reptielen.
	JURA	62 milj. j.		Bloei-periode van reptielen, Ammonieten en Belemnieten. Eerste vinders.
	TRIAS	40 milj. j.		Opkomst van primaire zoogdieren en Belemnieten. Verdere ontwikkeling van reptielen.
PALEOZOICUM	PERM	40 milj. j.		Eerste schildpadden. Uitsterven van de Trilobieten.
	CARBOON	55 milj. j.		Verdere ontwikkeling van planten en dieren: primitieve zaadplanten, boomachtige varkens, eerste reptielen en reuze insecten.
	DEVON	55 milj. j.		Eerste amfibieën. Pantservissen. Eerste landplanten, varenachtige naaldbomen.
	SILUUR + ORDOVICIUM	90 milj. j.		Verdere ontwikkeling van leven in zee: eerste vissen, waterschorpioen.
	CAMBRIUM	110 milj. j.		Opkomst Trilobieten, Brachiopoden.
	PROTEROZOICUM	1910 milj. j.		Begin van primitief leven: sporen van slijm en radiolair (oerdiertje).
PRECAMBRIUM	Archeïcum	1150 milj. j.		Oudeste aardegesteenten.



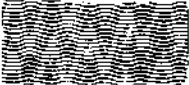
- 1) Afzettingen uit het Cambrium en het Siluur direct aan het oppervlak of onder Krijt- en Tertiair-formaties.
- 2) Devoon, Carboon, Perm aan het oppervlak.
- 3) Carboon onder Krijt en Tertiair.
- 4) Trias en Jura aan het oppervlak of onder het Tertiair of Kwartair.
- 5) Omvang van het Boven-Krijt aan het oppervlak of in de bovenlagen.
- 6) Vulkanische gesteenten.
- 7) Zoutkoepels.
- 8) Belangrijke breuken.
- 9) Diepte van de Pleistocene afzettingen in Nederland.

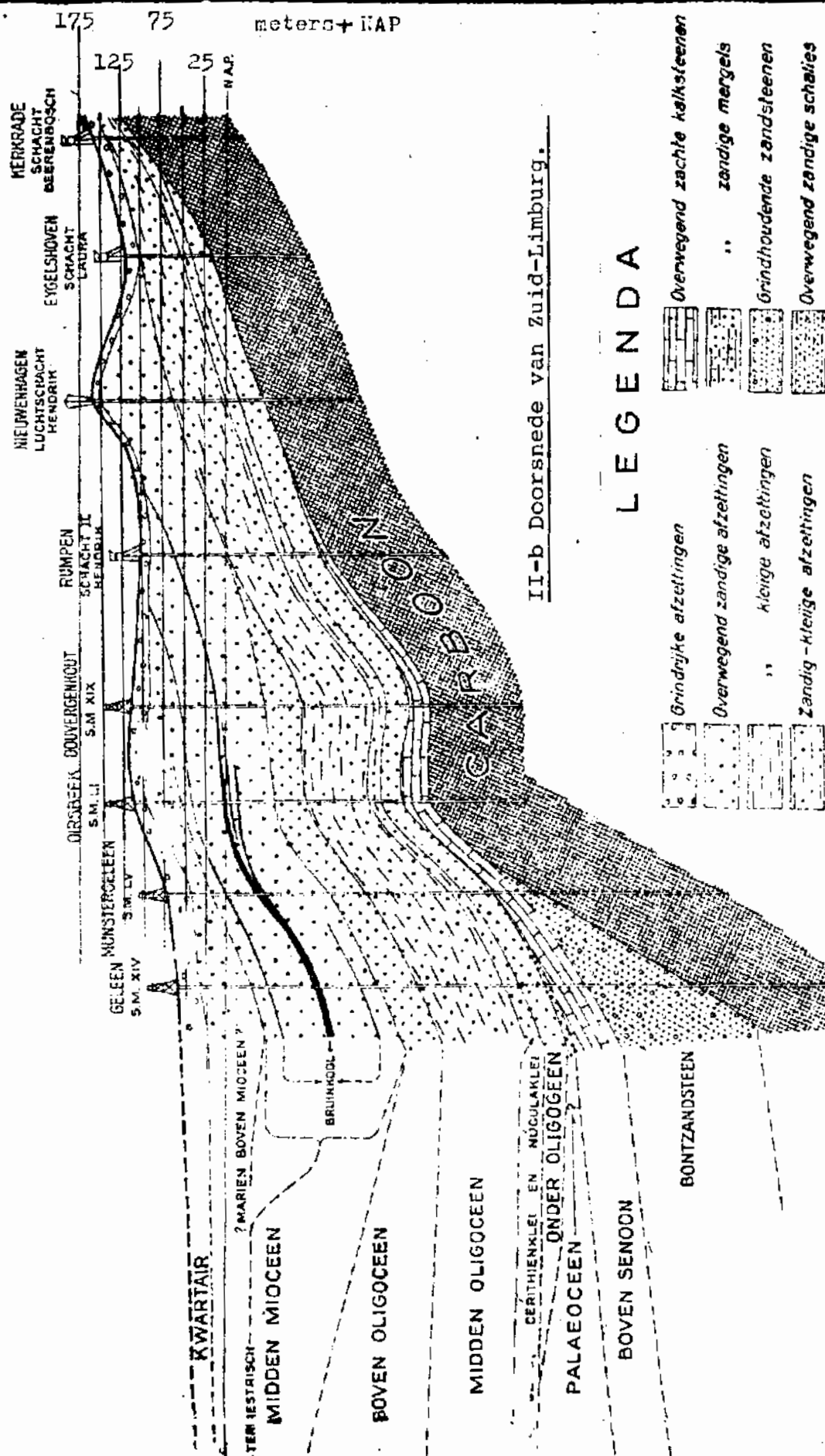
BIJLAGE II-a

Land-zee verhoudingen tijdens het Eoceen (ca. 45 miljoen jaren geleden in West-Europa). Bewerkt uit: "Versteend leven" van de Molijn.

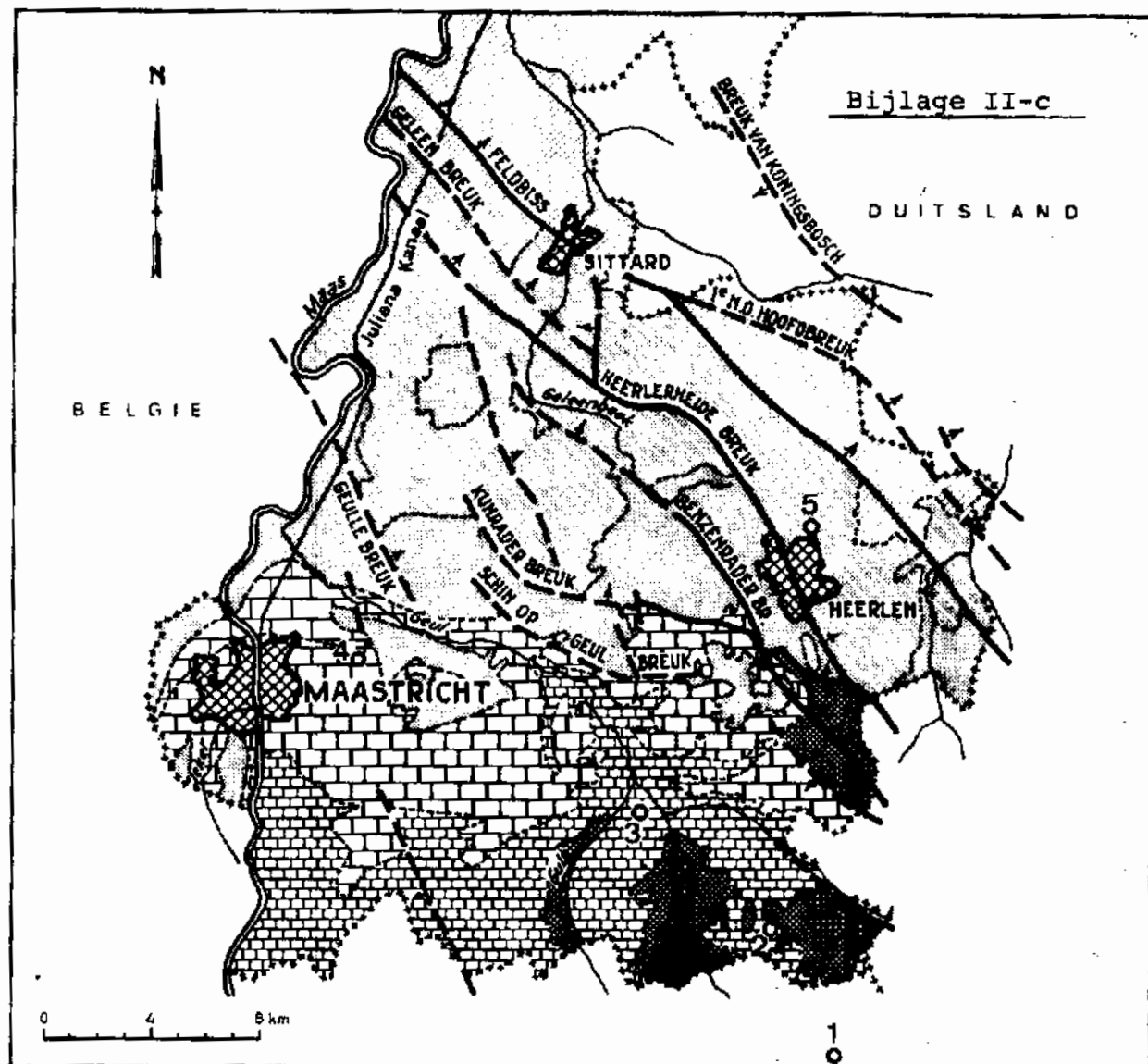


 LAND

 ZEE



II-b Doorsnede van Zuid-Limburg.

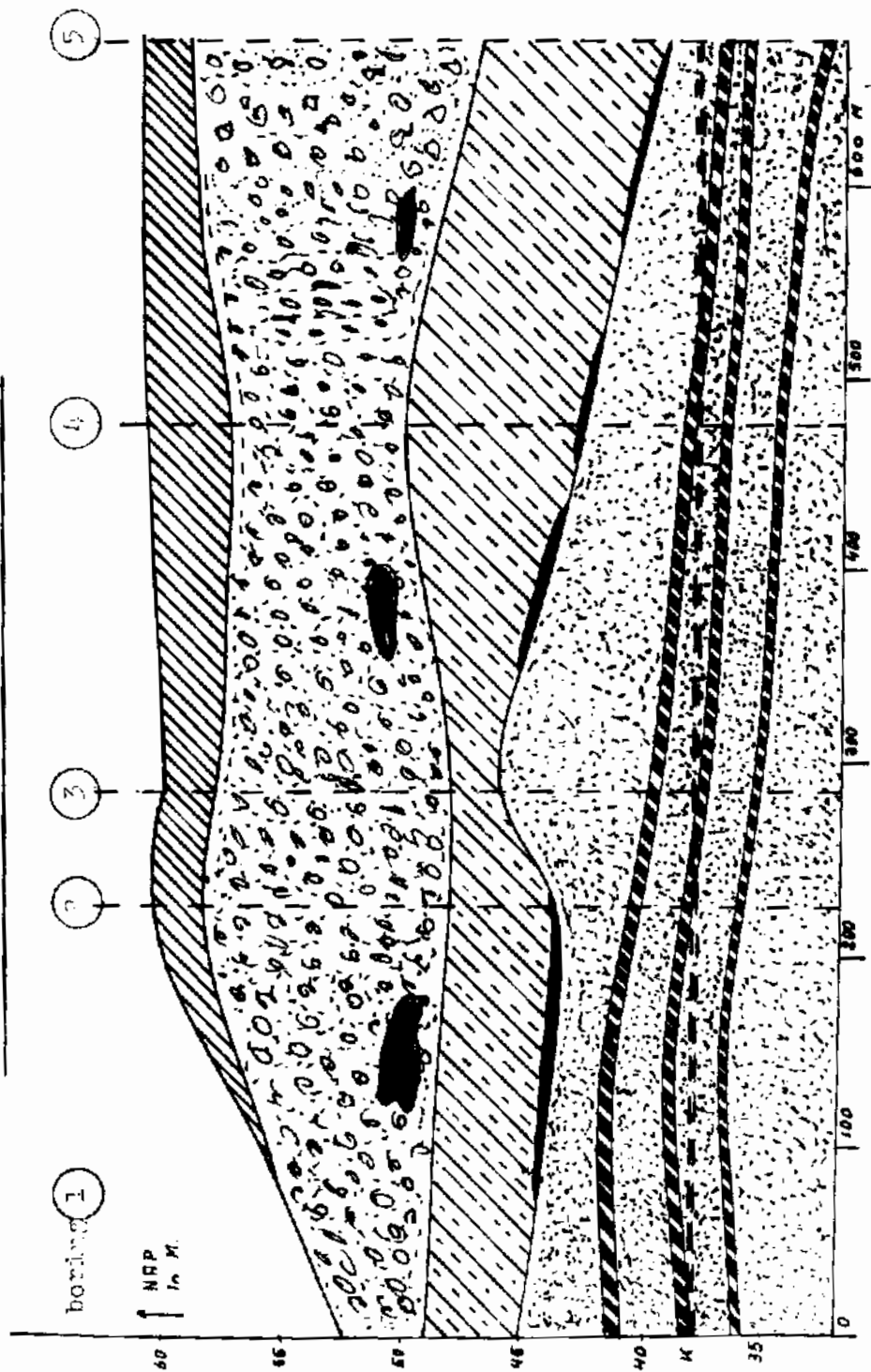
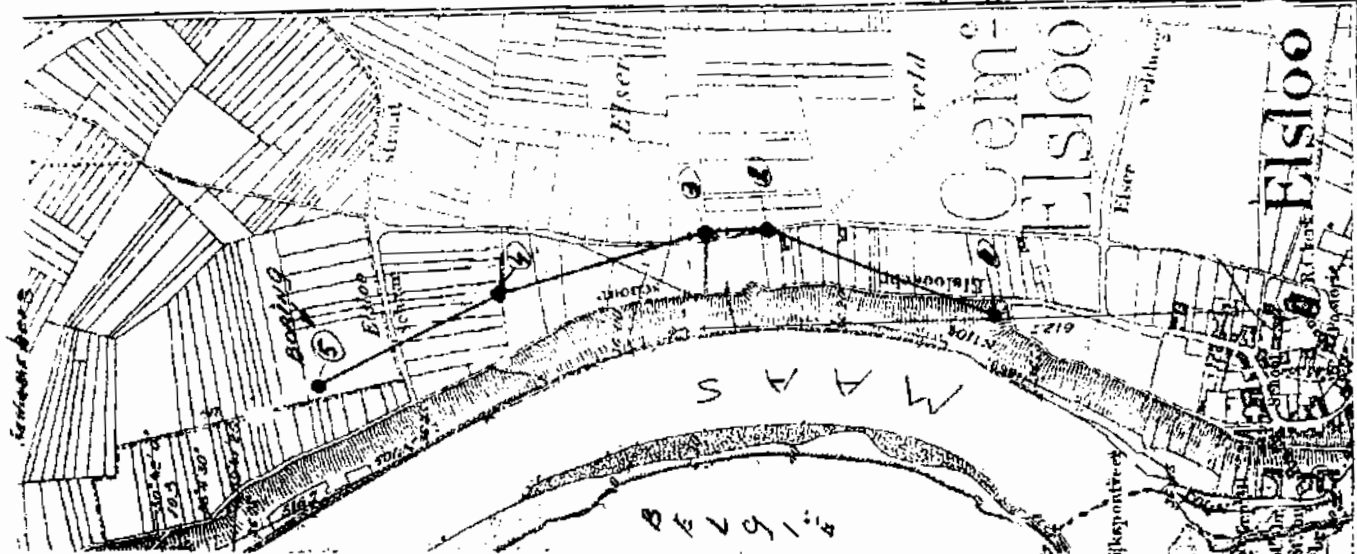


LEGENDA

	PLIOCEEN	<i>klei, zand, grind</i>		KRUT	<i>Maastrichtse kalksteen en Kunrader kalksteen, afwisseling van harde en zachte lagen.</i>
	MIOCEEN	<i>zanden met enkele bruinkoallagen.</i>			<i>Gulpense kalksteen, glauconitische kalk en mergel</i>
	OLIGOCEEN	<i>glauconiethoudende zanden met enkele kleibanken.</i>			<i>Vaalser groenzand, kalk- en glauconiethoudende zanden.</i>
	PALEOCEEN	<i>kalksteen.</i>			<i>Akens zand, zanden en kleien</i>
	CARBOON	<i>schalies en kwartzitische zandstenen met plantenresten.</i>			

Excursiepunten

- 1 o Moresnet; *Boven Devoon, schalies en zandstenen.*
- 2 o Toeristenweg Vijlener bossen; *contact Vaalser groenzand - Gulpense kalk; Vuursteeneluvium.*
- 3 o Gulpenerberg; *Geomorfologisch overzicht.*
- 4 o Bemelen, groeve Nekami; *Maastrichtse kalk.*
- 5 o Beaujean; *Zilverzand, Mioceen.*



kanal bodem

Löss

Fossielenlaag

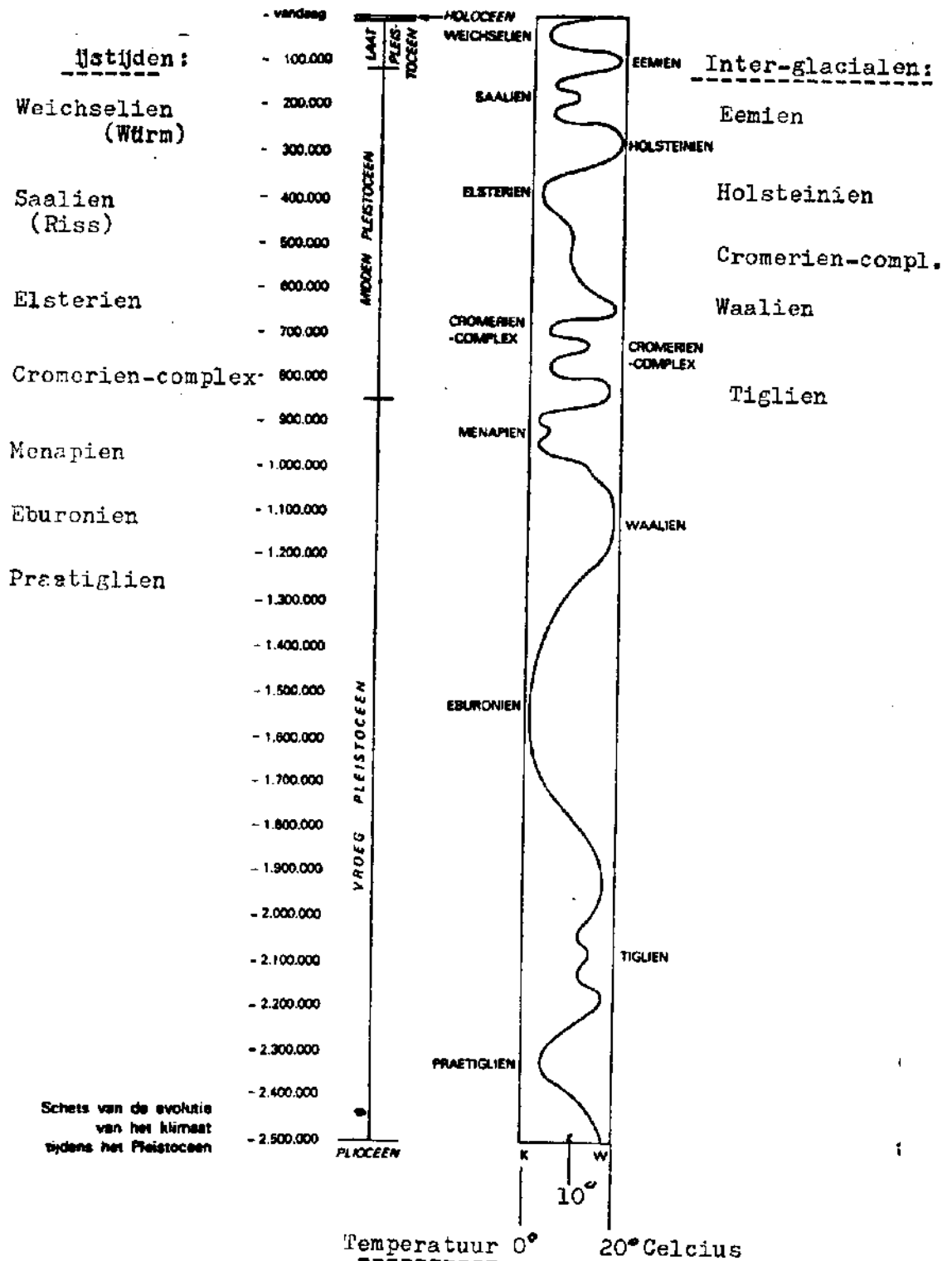
(Middenteras)
zand en grind

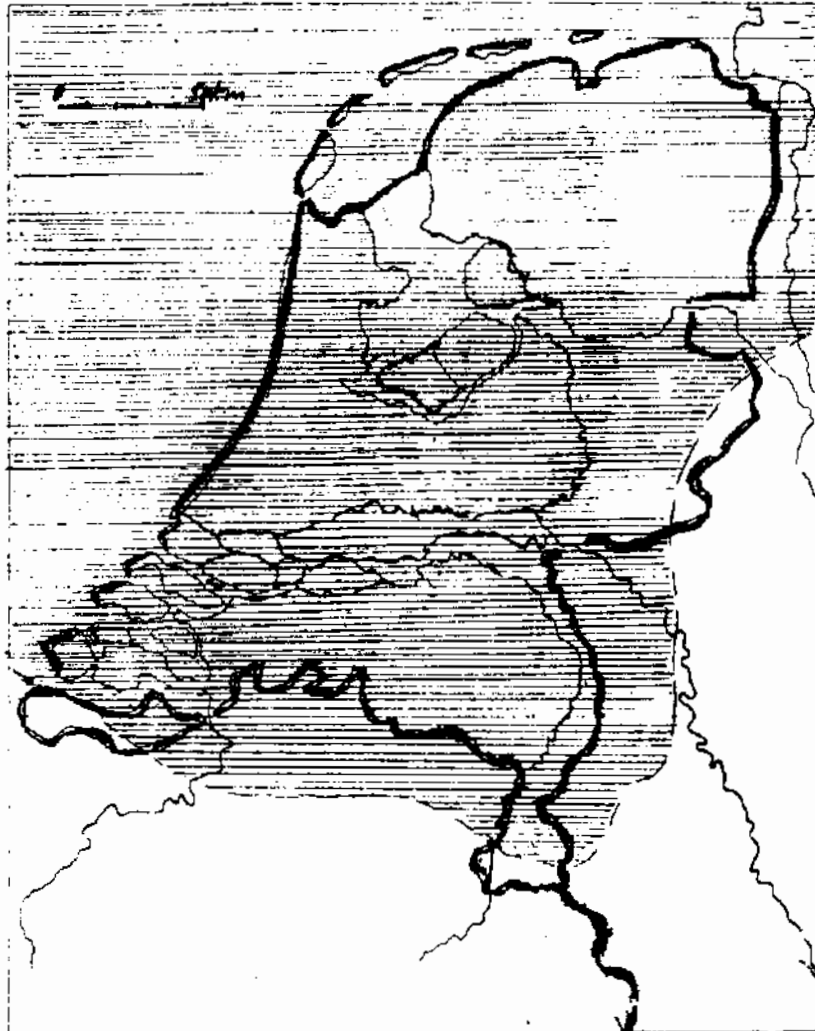
(Oligoceen) drijf-
zand met kleilagen.

(Nioceen) leemhoudend groenzand

Bijlage II- e)

Overzicht van de ijstijden (bewerkt uit Pre-historische Kulturen S.J. de Laet)





Bijlage II-f

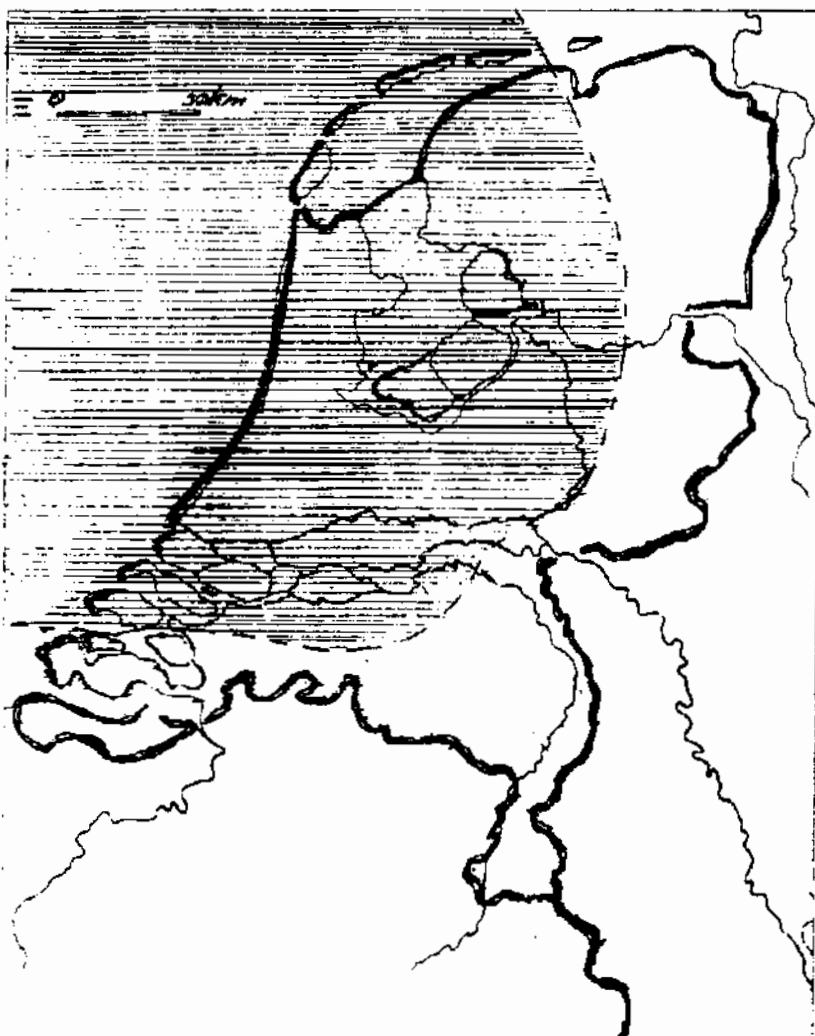
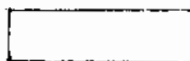
Land-Zee-
verhouding
tijdens het
Midden-Mioceen

ca.
15 miljoen
jaren geleden.

Ondiepe Zee:



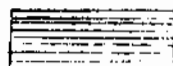
Land:



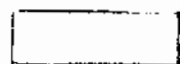
Land-Zee-
verhouding
tijdens het
Pliocene

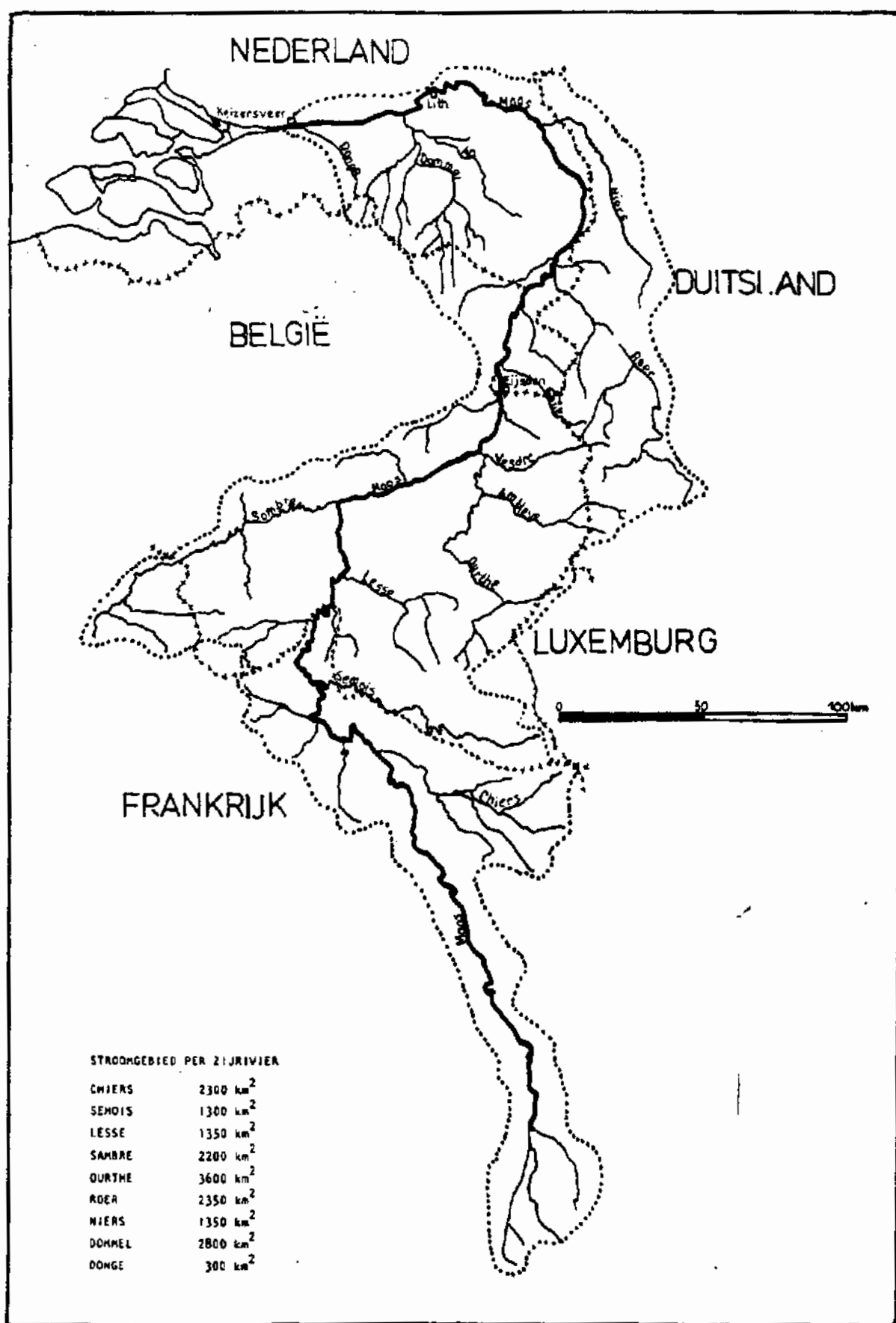
ca. 5 miljoen
jaren geleden.

Ondiepe Zee:



Land:





STROOMGEBIED PER ZIJRIVIER

CHIEIS	2300 km ²
SEMOIS	1300 km ²
LESSE	1350 km ²
SAMBRE	2200 km ²
OURTHE	3600 km ²
ROER	2350 km ²
NIERS	1350 km ²
DOHMEL	2800 km ²
DONGE	300 km ²

Registratie No.: 27		Heemk. Ver. „Maastreek“	
Naam: Revinien-kwartsiet			
Opmerking: zie onder			
Vindplaats: Ninglispo(zij- riviértje v.d. Ambleve)		Kaart: Michelin 409	
Datum: 16-5-1982		Coór.: vak K4	
Formatie: Cambrium		Literatuur: Het Keienboek. Tussen bergen en de zee.	
H.: SM.: Kl.: Bl/Grjls			
Structuur: fijn korrelig gesteente		Del.: <i>A-1</i>	

Achterzijde van het kaartje:

Andero gegevens over Revinien-kwartsiet

Mineraalinhoud: Hoofdzakelijk kwarts en geringe % v. pyriet,
glimmer of sericiet.

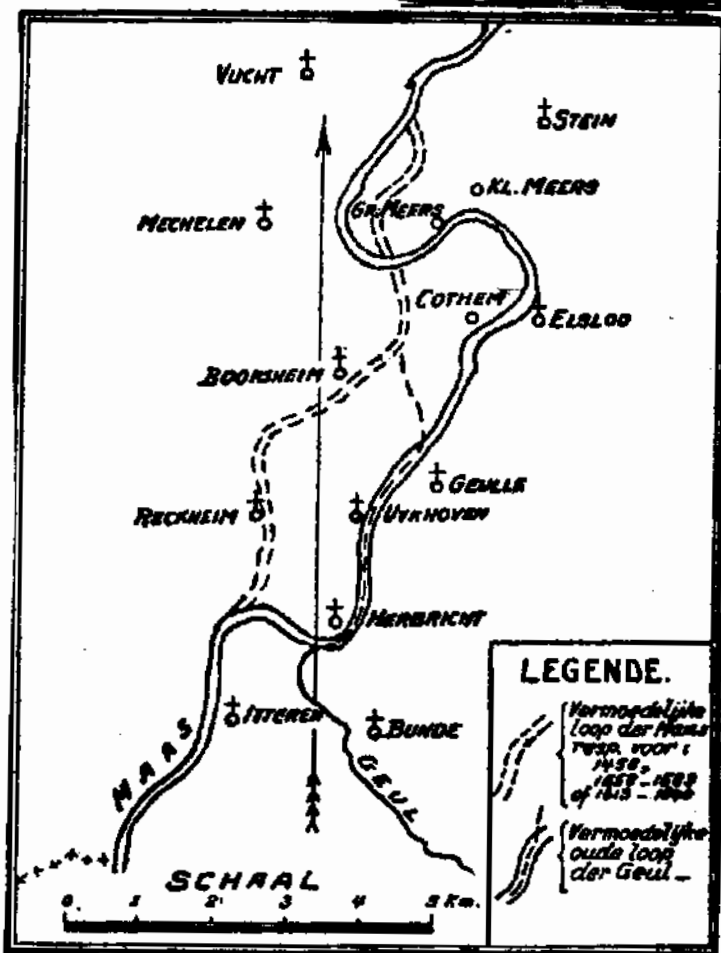
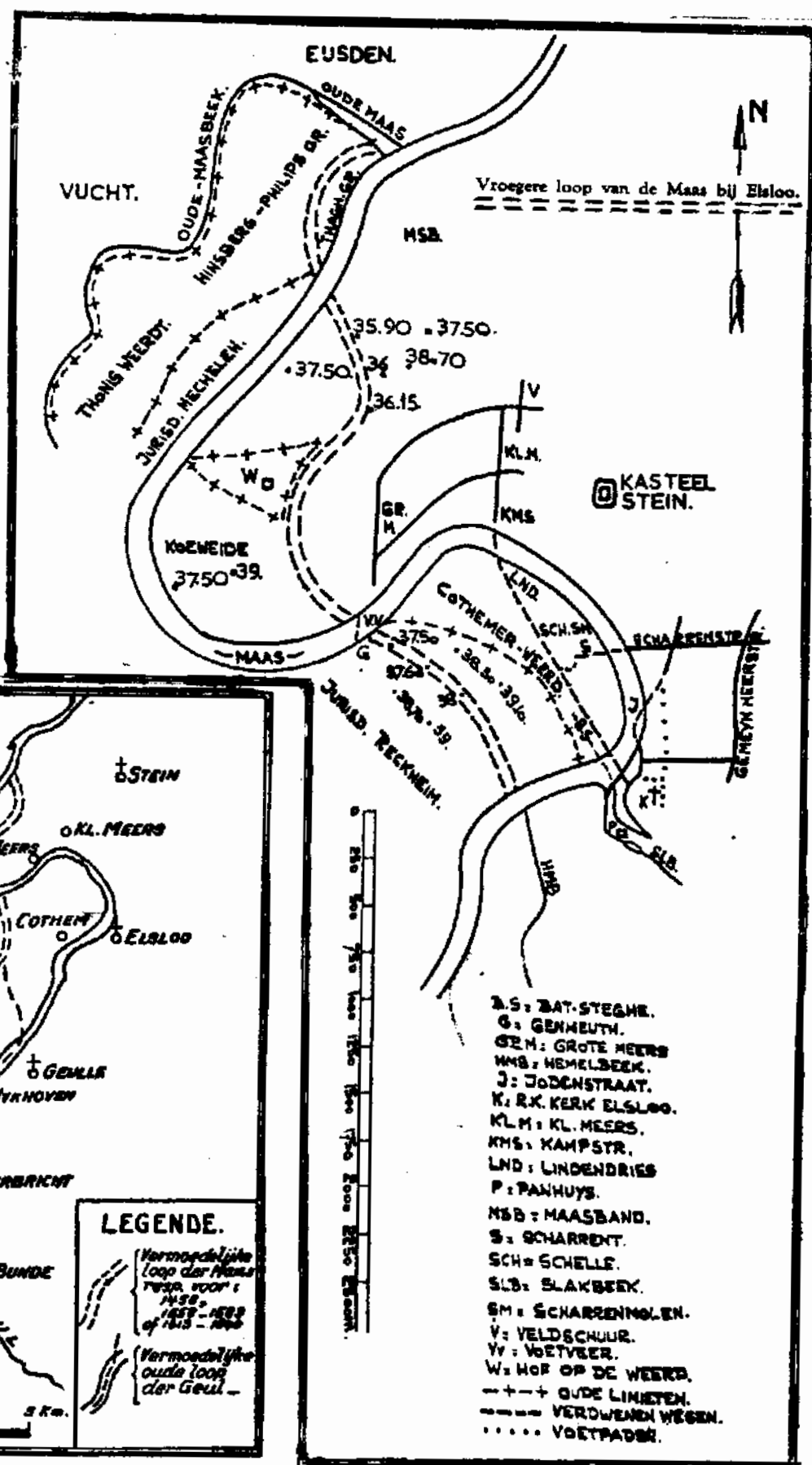
Herkomst : Ardennen

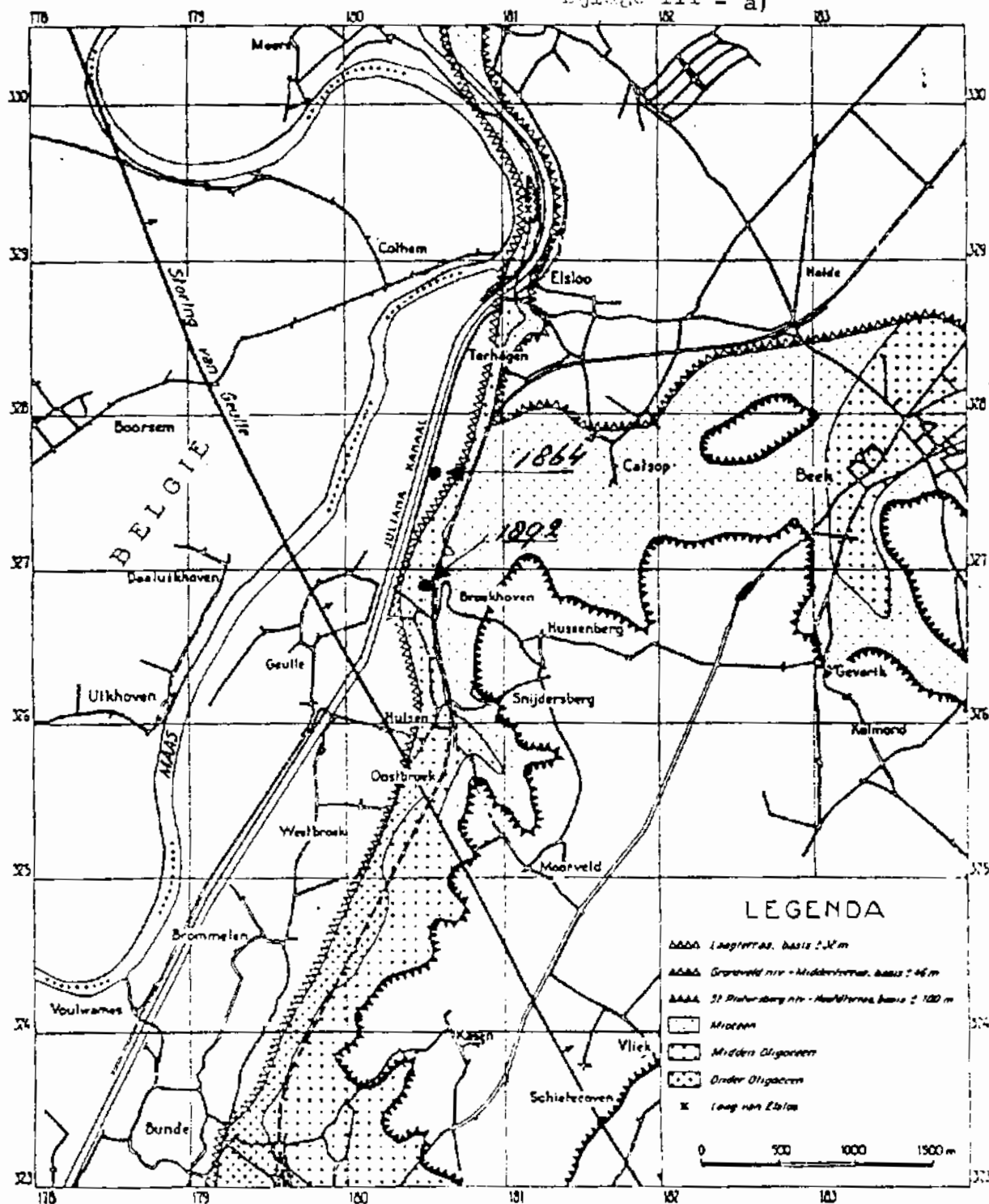
Bijzonderheden : De naam is afkomstig v.h. N-Franse plaatsje
Revin, waar het kwartsiet aan de oppervlakte komt.

Vaak zijn de typische kubus-achtige holten
zichtbaar, afkomstig van pyriet-kristallen, die zijn uitgeloogd.

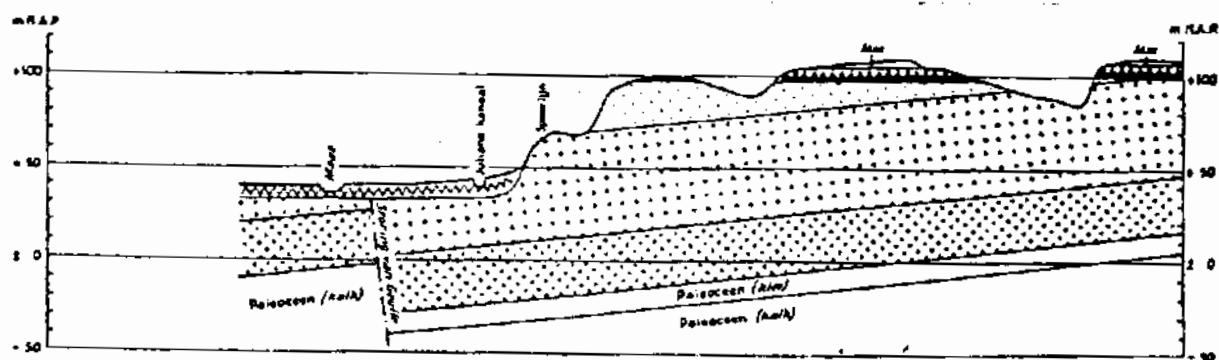
"In deze holten blijft bruin roestpoeder achter.
"De Dikke Steen" is een 7,5 ton wegende rev.-kwartsiet, die
tijdens het graven v.h. Julianakanaal uit laag 3 (Grint-
Middenteras) is opgehaald.

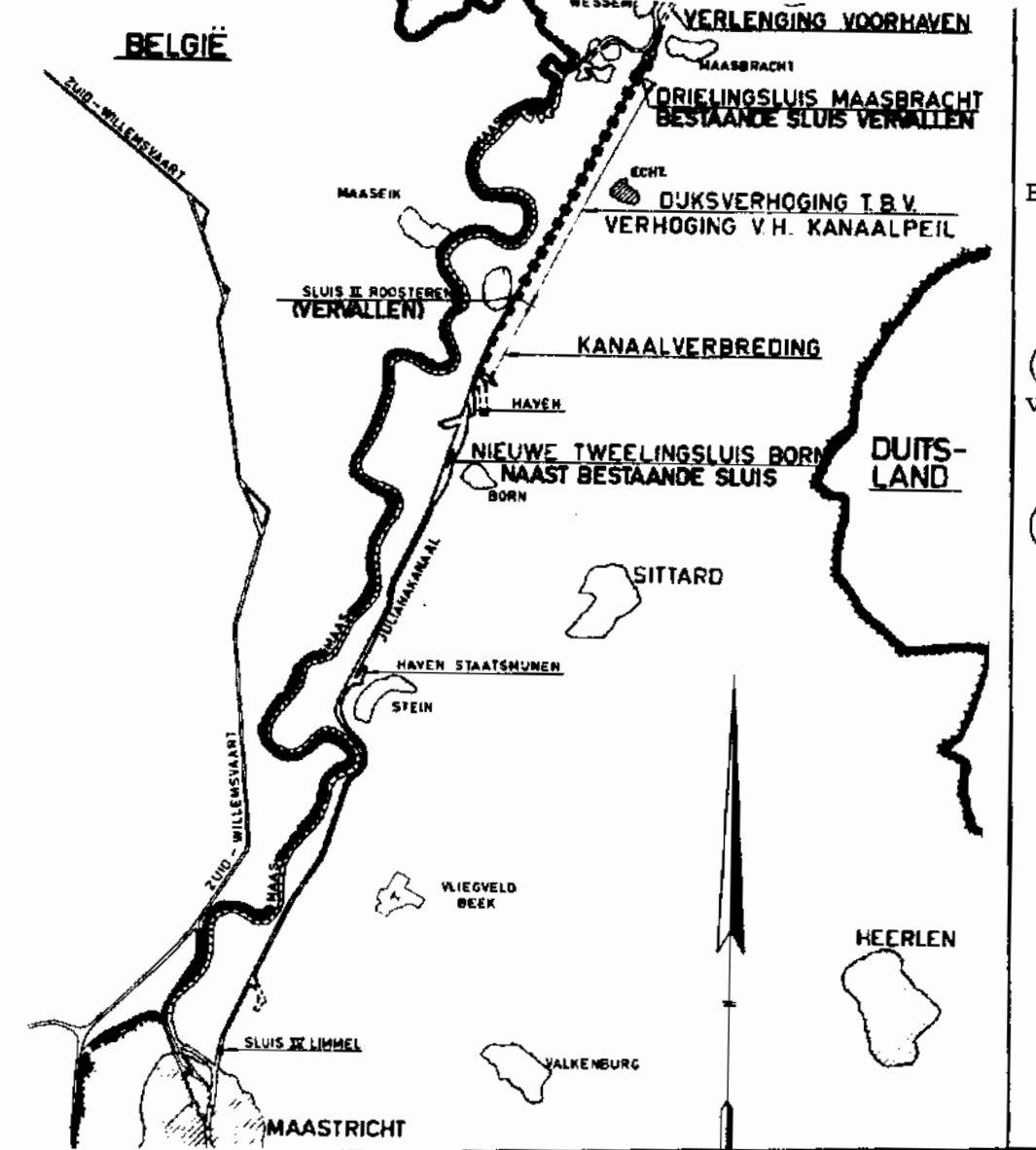
Deze grote zwerfstenen zijn ingebed in grote ijsschotsen en door
de Maas in de zomers van de ijstijden hier afgezet.





Overzichtkaartje van de grondverzakkingen aan de spoorweg ten zuiden van Elsloo.



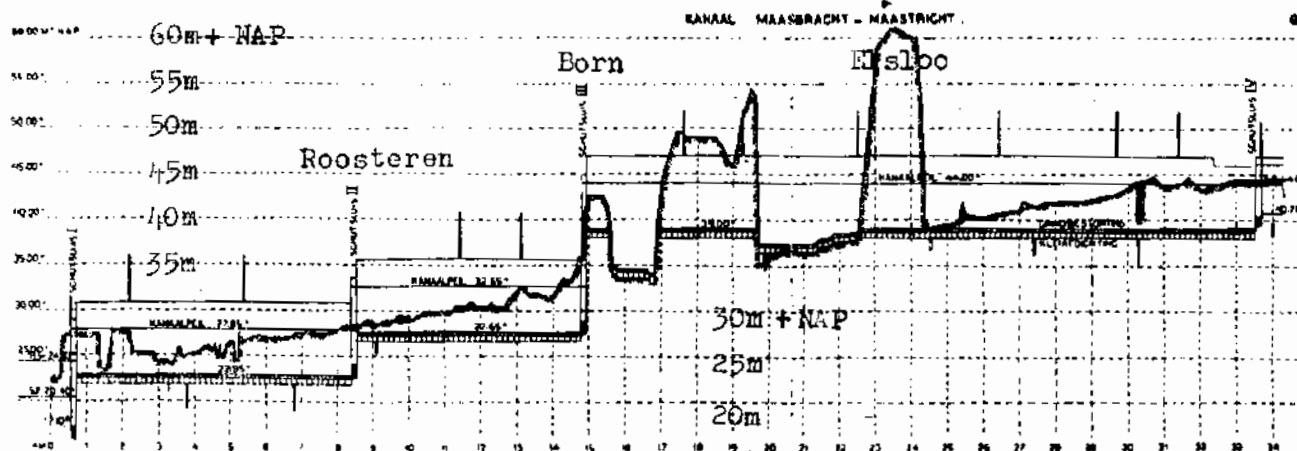


Bijlage III-b)
Het Juliana-
kanaal

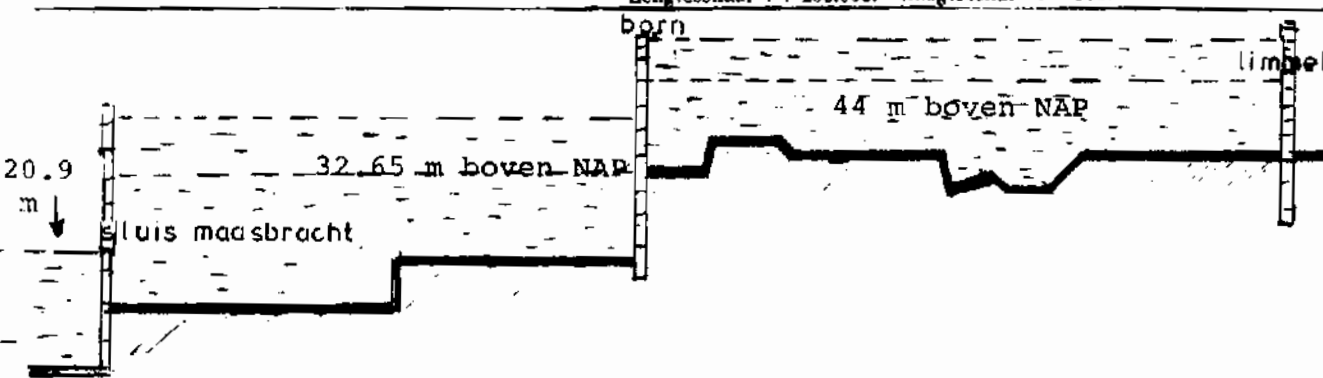
(A) Situatie
voor 1968

(B) Situatie
na 1968

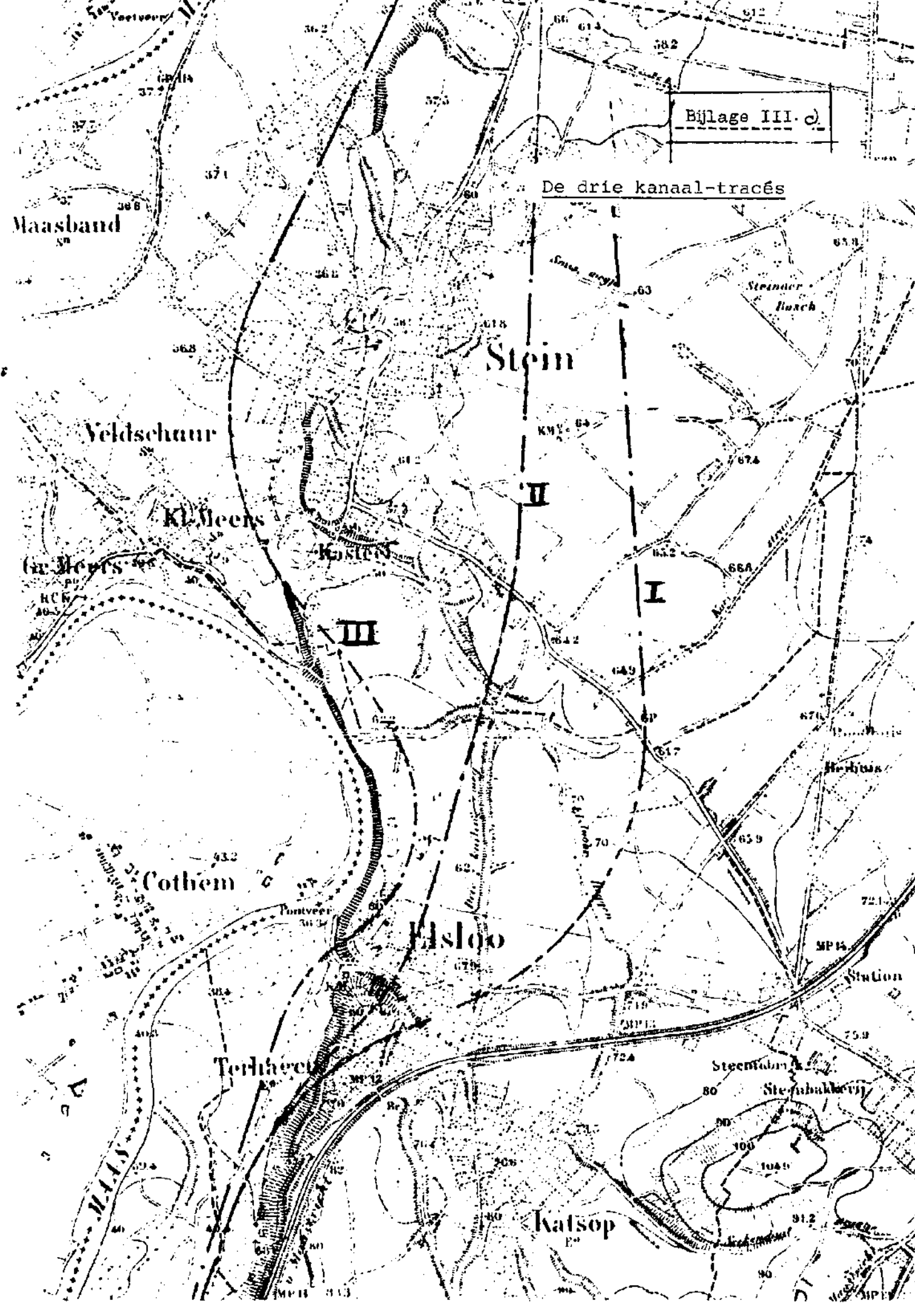
LENGTEPROFIEL JULIANAKANAAL

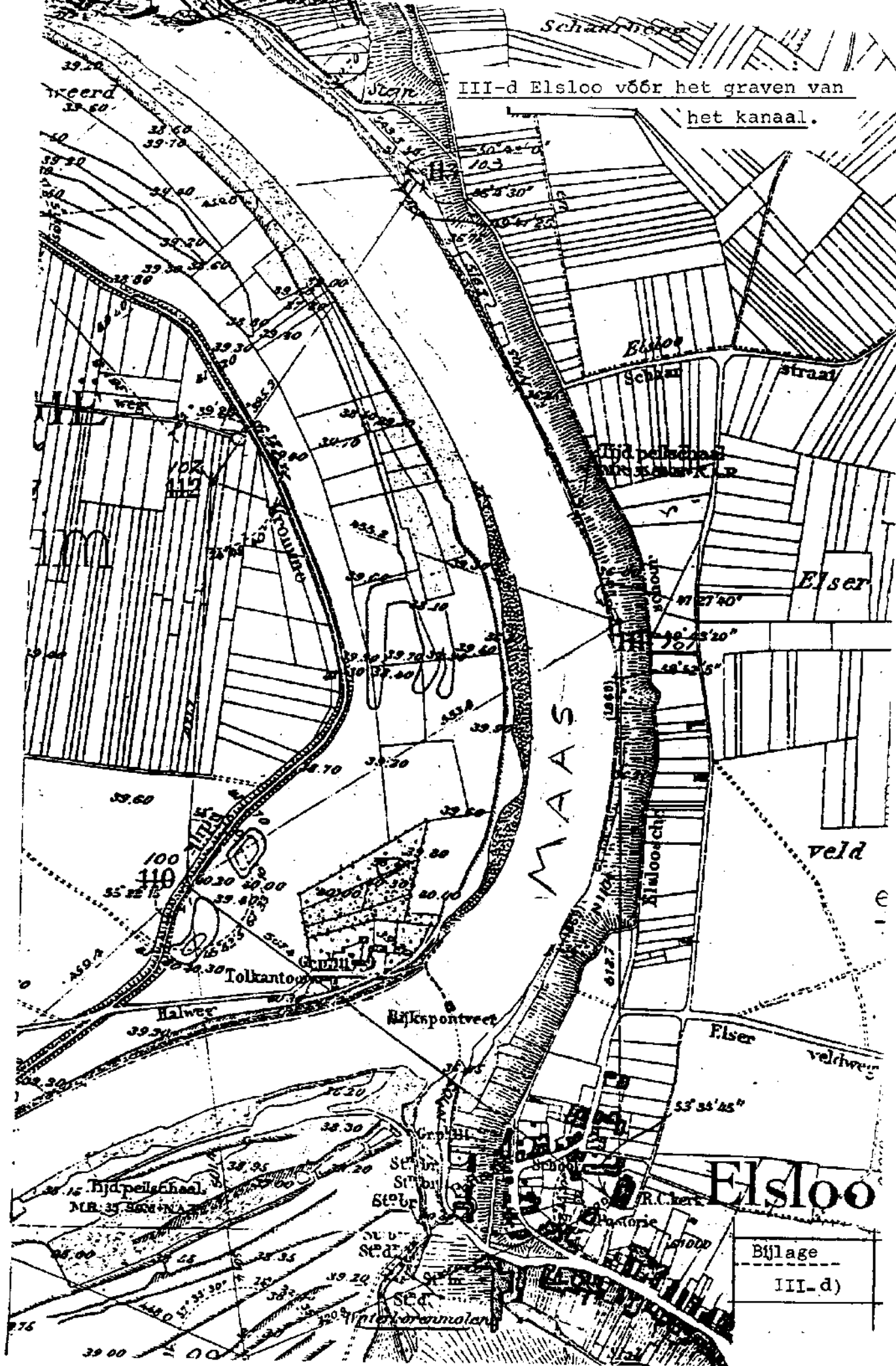


Lengteschaal 1 : 200.000. Hoogteschaal 1 : 800.



De drie kanaal-tracés

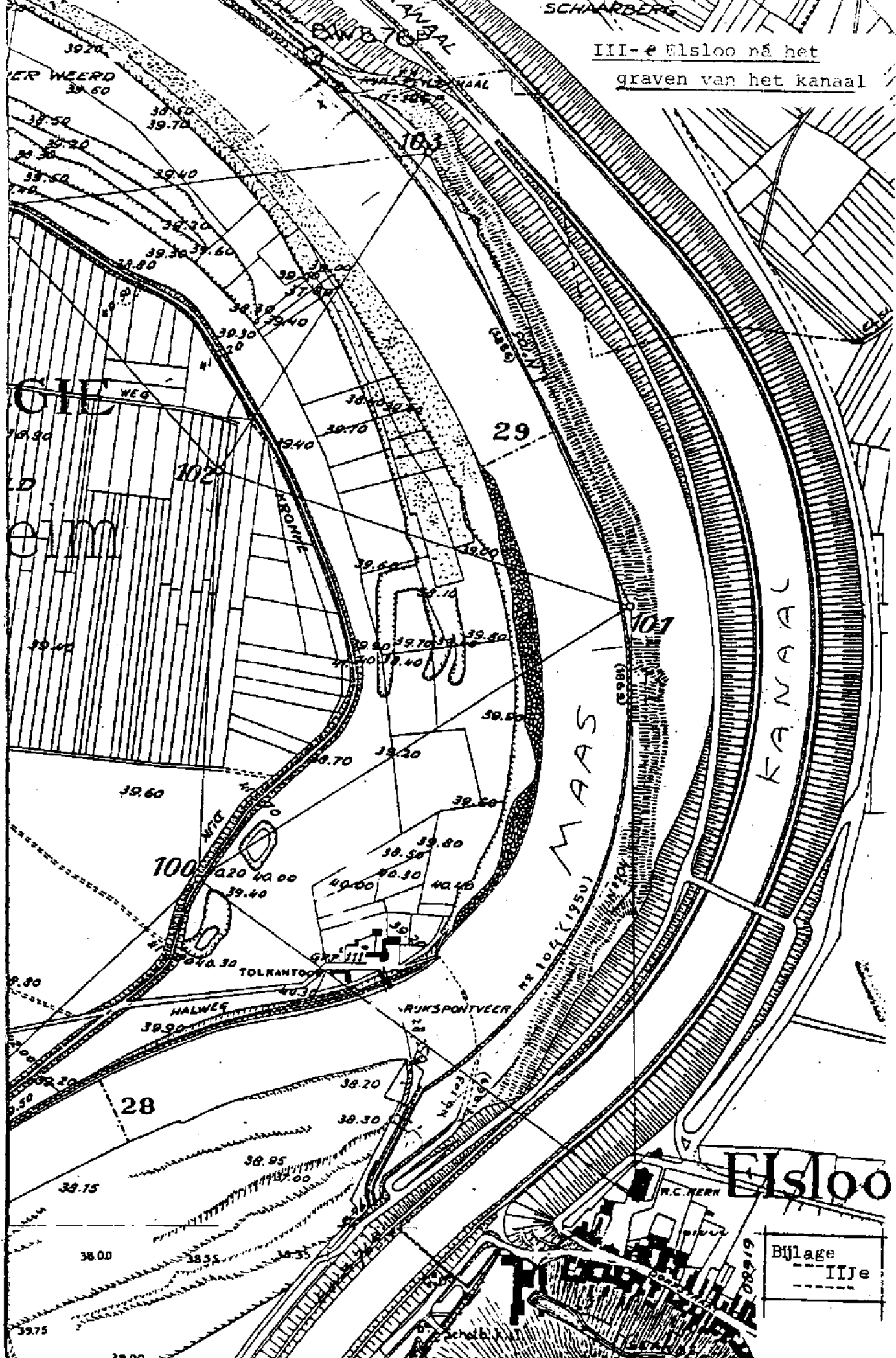




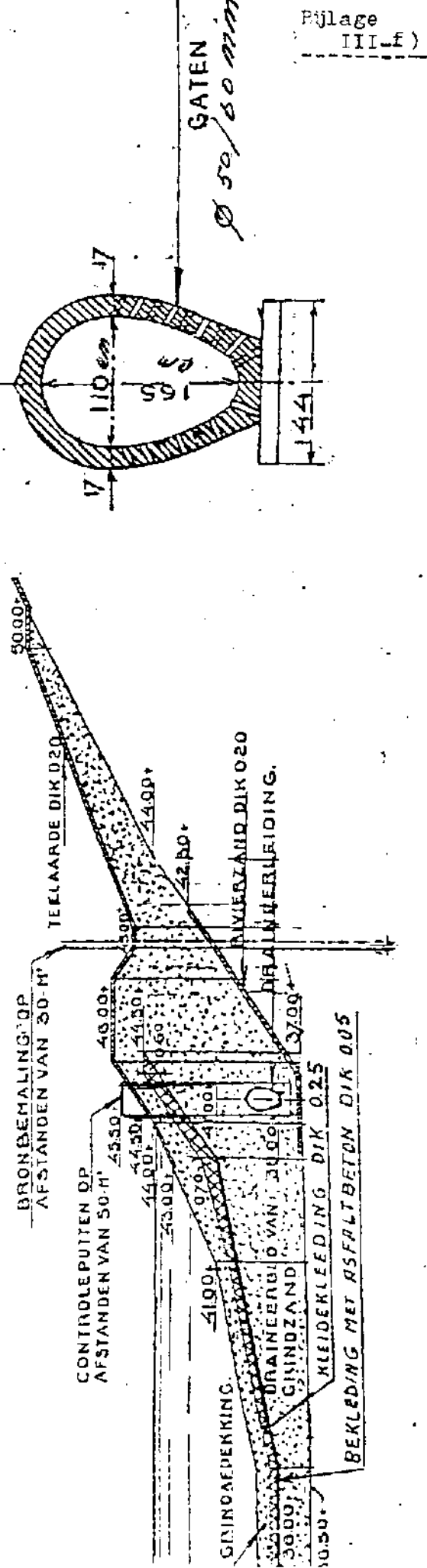
III-d Elslloo vóór het graven van
het kanaal.

Bijlage
III-d)

III-e Elsloo ná het
graven van het kanaal



DOORSNEDE DRAINEERLEIDING:



© Heemkundevereniging Maasstreek 1984

ISBN 90-70692-01-5