



DE GEMEENSCHAPS MINISTER VAN VOLKSGEZONDHEID EN LEEFMILIEU

HET LEEFMILIEU  
IN VLAANDEREN

KWETSBAARHEIDSKAART  
VAN HET  
GRONDWATER  
IN  
ANTWERPEN

1986

Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap



**Samenstelling :**

ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
departement Leefmilieu en Infrastructuur  
administratie Milieu-, Natuur-, Land-  
en Waterbeheer  
afdeling Water

**Verantwoordelijke uitgever :**

Jean-Pierre Heirman  
directeur-generaal

**Depotnummer :** D/1986/3241/47

**Druk :**

ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
afdeling Logistiek - sectie Drukkerij

Project: KWETSBAARHEIDSKAART VAN HET GRONDWATER  
Provincie Antwerpen

Opdrachtgever: Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Administratie Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu  
Bestuur Leefmilieu  
Dienst Water- en Bodembeleid  
Belliardstraat 12 te 1040 Brussel  
Tel. 02/513.99.20

Opdrachthouder: Rijksuniversiteit Gent  
Leerstoel voor toegepaste geologie  
Geologisch Instituut  
Krijgslaan 281-S8  
B-9000 Gent  
Tel. 091/22.57.15

Leiding en coördinatie: Prof. Dr. W. De Breuck

Uitwerking: Lic. E. Van Dyck  
met de medewerking van: Lic. Ph. Van Burm  
Lic. B. De Vliegheer  
Lic. E. Pieters



# Inhoud

Woord vooraf .....	7
1. Inleiding .....	9
2. De kwetsbaarheid van het grondwater .....	9
3. De kartering van de kwetsbaarheid van het grondwater in het Vlaamse Gewest .....	10
4. De graden van kwetsbaarheid .....	12
4.1. De watervoerende laag .....	12
4.2. De deklaag .....	12
4.3. De onverzadigde zone .....	12
4.4. De kwetsbaarheidsschaal .....	12
5. Reliëf en hydrografie .....	15
6. Geologie en hydrogeologie .....	18
6.1. Stratigrafische tabel en hydrogeologische kenmerken .....	18
6.2. Litostratigrafische kaart .....	18
6.3. Litostratigrafische doorsneden .....	21
7. De grondwaterkwetsbaarheidskaart .....	25
7.1. Zeer kwetsbaar .....	25
7.2. Kwetsbaar .....	26
7.3. Weinig kwetsbaar .....	26
8. Geraadpleegde werken .....	27



## Woord vooraf

Grondwater is de belangrijkste bron voor de watervoorziening in Vlaanderen. Bij de bescherming van het grondwater is preventief optreden een noodzaak. Verontreiniging van grondwater is immers een proces, dat in vele gevallen vrijwel onomkeerbaar is.

Daarom vereist een preventief beschermingsbeleid in de eerste plaats een goede kennis van de kwetsbaarheid van de grondwaterlagen.

Om deze reden heb ik dan ook opdracht gegeven aan de geologische diensten van respectievelijk het Limburgs Universitair Centrum, de Katholieke Universiteit Leuven en de Rijksuniversiteit van Gent om per provincie kwetsbaarheidskaarten op te stellen.

Deze brochure bevat toelichting bij de grondwaterkwetsbaarheidskaart van de provincie Antwerpen.

Deze kwetsbaarheidskaart is een nuttig instrument voor allen, die betrokken zijn bij de bescherming van het grondwater in Vlaanderen.

Ik stel er prijs op iedereen die meegewerkt heeft aan het opstellen van deze belangrijke documenten van harte te danken. In het bijzonder vermeld ik hier de geologische diensten van onze universitaire instellingen als auteurs en de provinciale grondwatercommissies die samen met de dienst Water- en Bodembeleid van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu de coördinatie van het geheel verzekerden.

Jan LENSSENS





# 1. Inleiding

Het grondwater is een kostbare grondstof. De verontreiniging ervan kan moeilijk en soms zelfs niet ongedaan worden gemaakt. Het risico van verontreiniging hangt af van tal van factoren, die samen de kwetsbaarheid van het grondwater bepalen. Het is duidelijk dat voor de bescherming van het grondwater de kennis van de kwetsbaarheid van het grootste belang is.

Een kaart die de kwetsbaarheid van het grondwater aangeeft, vormt dan ook een basisdocument voor degenen die betrokken zijn bij het beheer van de grondwatervoorraden. De nauwkeurigheid en de betrouwbaarheid van dergelijke kaarten hangt af van de hoeveelheid en de aard van de gegevens waarmee ze worden samengesteld.

Op initiatief van de Provinciale Grondwatercommissie van Limburg en de Nationale Maatschappij der Waterleidingen (NMW) en op voorstel van de Administratie voor Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu (AROL) werd door de Minister van de Vlaamse Gemeenschap beslist over te gaan tot de kartering van de kwetsbaarheid van het grondwater in de bovenste watervoerende laag. Deze kartering diende te worden uitgevoerd per provincie op schaal 1:100.000 in het ganse Vlaamse Gewest.

Als watervoerende laag wordt beschouwd de verzadigde zone van een formatie die een dikte en een uitbreiding heeft die voldoende groot zijn om er op een economisch verantwoorde wijze water uit te winnen. Voor de kaart is hiervoor een debiet van minstens 4 m<sup>3</sup> per uur aangenomen. Er is ook rekening gehouden met de natuurlijke verzilting van het grondwater, waar zich dat in belangrijke mate voordoet.

# 2. De kwetsbaarheid van het grondwater

De kwetsbaarheid van het grondwater wordt bepaald door tal van factoren van statische en dynamische aard. Deze omvatten o.m.:

- de omvang en de aard van de watervoerende laag en van de deklaag
- de hydraulische parameters van de formaties
- de grondwatertoestand in natuurlijke en in kunstmatige omstandigheden
- de wisselwerking tussen aangrenzende formaties
- de aard en de omvang van de verontreiniging.

Bij de verontreiniging dient men met de volgende aspecten rekening te houden:

- de invoer, d.w.z. het doorstromen, vooral in verticale richting, van de verontreinigende stoffen, meegevoerd door insijpelend water, of van verontreinigende vloeistoffen vanaf het oppervlak tot in de verzadigde zone doorheen de bodem en de onverzadigde zone
- de verspreiding van de verontreiniging, door stroming van verontreinigd water onder de heersende hydrogeologische omstandigheden
- het voortbestaan van de verontreiniging na het verdwijnen van de verontreinigingsbron rekening houdend met de voeding en de aard van de formaties en de aard van de verontreinigende stof
- de wisselwerking tussen de verontreinigende stof en de formatie.

### 3. De kartering van de kwetsbaarheid van het grondwater in het Vlaamse Gewest

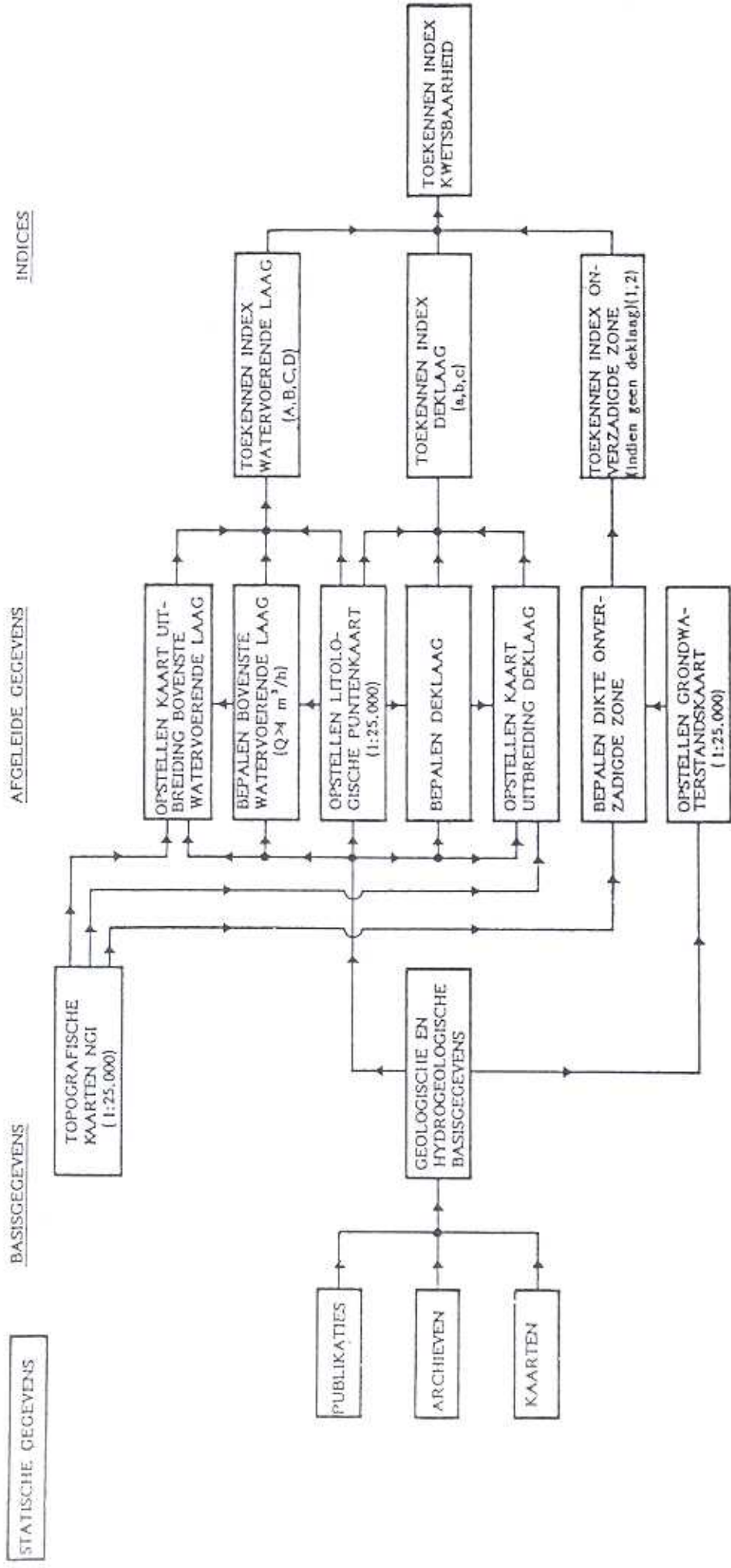
Rekening houdend met de middelen en de tijd werd geopteerd voor een kaart op schaal 1/100.000, die steunt op een aantal statische factoren. Deze zijn de omvang en de aard van de watervoerende lagen en van de deklagen, en de hydraulische parameters, waaronder vooral de aard en de waarde van de doorlatendheid. In dat opzicht leunt de kaart sterk aan bij degene, die door het Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) in Frankrijk wordt opgesteld.

De kaart van de kwetsbaarheid van het grondwater van het Vlaamse Gewest kan worden gedefinieerd als een kaart van de risikograad van verontreiniging van het grondwater in de bovenste watervoerende laag door stoffen, die vanaf de bodem in de grond dringen, enkel rekening houdend met statische parameters.

Deze kaart kan later als basis dienen voor een meer gedetailleerde kaart, waarin ook dynamische en hydrochemische factoren kunnen worden opgenomen. Waar echter de bovenste winbare watervoerende laag natuurlijk verzilt is ( $< 1500$  ppm), is dit wel aangegeven.

De huidige kaart heeft tot doel de gebruiker een globaal beeld te verschaffen met het oog op een regionale planning. Voor de evaluatie van ingrepen die een verontreiniging kunnen veroorzaken, geldt deze kaart als een richtlijn voor de uitvoering van de nodige studies terzake.

De gebruikte werkwijze voor de opstelling van de kaart is op fig. 1 weergegeven.



[ DYNAMISCHE GEGEVENS ]  
 [ HYDROCHEMISCHE GEGEVENS ]

\* Bij detailstudies moeten ook deze gegevens in aanmerking worden genomen

FIGUUR 1: Werkwijze voor de opstelling van de kwetsbaarheidskaart van het grondwater

## 4. De graden van kwetsbaarheid

Rekening houdend met de schaal 1/100.000 is de kwetsbaarheidsschaal gesteund op drie factoren: de watervoerende laag, de deklaag en de onverzadigde zone:

### 4.1. De watervoerende laag

Bepalend bij de indeling van de watervoerende lagen zijn de aard van het gesteente, de doorlatendheid en de wijze waarop de verontreiniging zich gedraagt.

Men onderscheidt:

- A. krijt, kalksteen, mergel, zandsteen
- B. grind
- C. zand
- D. leemhoudend zand, kleihoudend zand

### 4.2. De deklaag

Als deklaag wordt beschouwd, de laag die boven de watervoerende laag voorkomt. Rekening houdend met de uitgraving voor bouwwerken, kanalen, grachten e.a. moet de deklaag minstens 5 m dik zijn om voldoende bescherming te bieden.

Wanneer deze minder dan 5 m dik is, veronderstelt men dat een deklaag ontbreekt. Een zandige formatie wordt niet als beschermende deklaag beschouwd.

Bepalend bij de indeling van de deklagen zijn de aard van het gesteente, de dikte en de hydraulische weerstand.

Men onderscheidt:

- a. geen deklaag (minder dan 5 m en/of zandig)
- b. een lemige deklaag
- c. een kleiige deklaag.

### 4.3. De onverzadigde zone

Bij afwezigheid van een deklaag houdt men rekening met de onverzadigde zone ter bescherming van het grondwater.

Bepalend bij de indeling van de onverzadigde zone is de dikte.

Men onderscheidt:

- 1. 10 m of minder dan 10 m dikte
- 2. meer dan 10 m dikte.

### 4.4. De kwetsbaarheidsschaal

Op grond van de bovengenoemde factoren is een kwetsbaarheidsschaal opgesteld. Op figuur 2 is de grafische voorstelling ervan weergegeven. De kwetsbaarheidsschaal is als volgt:

UITERST KWETSBAAR (Rood op kaart)

- A.a.1. : Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m

B.a.1. : Grind, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m.

#### ZEER KWETSBAAR (Oranje op kaart)

A.a.2. : Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m

B.a.2. : Grind, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m

C.a.1. : Zand, zonder deklaag, met een verzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m.

#### KWETSBAAR (Geel op kaart)

A.b. : Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, met een lemige deklaag

B.b. : Grind, met een lemige deklaag

C.a.2. : Zand, zonder deklaag, met een onverzadigde zone van meer dan 10 m.

#### MATIG KWETSBAAR (Lichtgroen op kaart)

A.c. : Krijt, kalksteen, zandsteen, mergel, met een kleiige deklaag

B.c. : Grind met een kleiige deklaag

C.b. : Zand met een lemige deklaag

D.a.1. : Leemhoudend of kleihoudend zand zonder deklaag met een onverzadigde zone van 10 m of minder dan 10 m

D.a.2. : Leemhoudend of kleihoudend zand zonder deklaag met een verzadigde zone van meer dan 10 m.

#### WEINIG KWETSBAAR (Donkergroen op kaart)

C.c. : Zand met een kleiige deklaag

D.b. : Leemhoudend of kleihoudend zand met een lemige deklaag

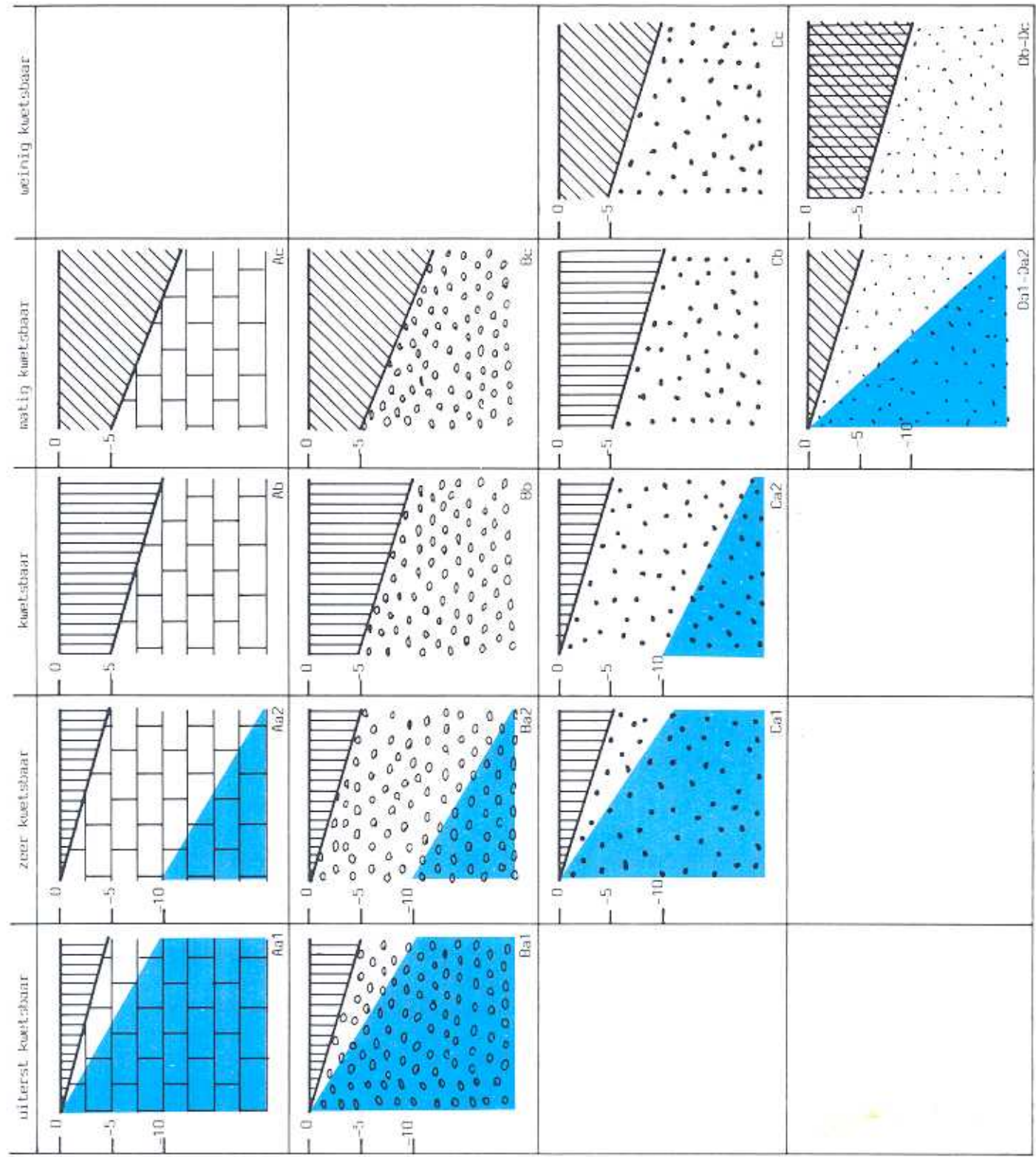
D.c. : Leemhoudend of kleihoudend zand met een kleiige deklaag.

#### **Opmerking:**









— Een vraagteken na de kwetsbaarheidsgraad in de tekst van de kaartbespreking wijst op een gebrek aan voldoende gegevens om deze op ondubbelzinnige wijze aan te duiden. Op kaart is dat aangegeven door een arcering, waarbij de meest waarschijnlijke interpretatie aangegeven wordt door de kleur van de band.

— Zones waarin een snelle afwisseling van kwetsbaarheidsgraden voorkomt, zijn op de kaart aangegeven door middel van een bandenpatroon van twee kleuren.

— De uitbreiding van de gebieden met natuurlijke verzilting in de bovenste winbare watervoerende laag is aangeduid met een puntenraster.



**LEGENDE**

-  KLEIIGE OF LEMIGE DEKLAAG
-  LEMIGE DEKLAAG
-  KLEIIGE OF LEMIGE DEKLAAG
-  KRILT-KALKSTEEN
-  DRIJND
-  ZAND
-  LEEF- OF KLEI-  
HOUDEND ZAND
-  VERZANDIGD

FIGUUR 2: Schematische voorstelling van de kwetsbaarheidsgraden

## 5. Reliëf en hydrografie

De provincie Antwerpen ligt in de vlakte van Noord-België. In het noorden wordt de provincie begrensd door Nederland, in het oosten door de provincie Limburg, in het zuiden door de provincie Brabant en in het westen door de provincie Oost-Vlaanderen. De totale oppervlakte beslaat 294.369 ha verdeeld over 70 gemeenten.

Het reliëf wordt bepaald door de kwartaire morfogenese waarbij de middenpleistocene erosie en de jongpleistocene accumulatie een actieve rol speelden. Het gebied van de provincie vormde tijdens het Onder-Pleistoceen een schiervlakte, die hoger lag dan nu, met een lichte helling naar het noorden. Het noordelijk lager gelegen gebied werd door fluviatiel-limnische afzettingen, bestaande uit klei en zand, bedekt. Het oostelijk deel werd nadien door een verwilderd rivier-net overspoeld, waarbij de Maasterrassen werden afgezet. Sedertdien heeft er een belangrijke inversie van het reliëf plaatsgevonden, ten gevolge van de sterke erosie tijdens het Midden-Pleistoceen. De zandige bodems, die weinig tegen erosie bestand waren, spoelden weg met als gevolg een duidelijke verlaging van het topografisch oppervlak. De zware klei in het noorden en de puinkegel in het oosten, boden meer weerstand tegen de erosie en bleven relatief hoger liggen. Hetzelfde verschijnsel deed zich voor in het zuidelijk gedeelte van de provincie: de ruggen opgebouwd uit de Formatie van Diest met hun lagen van ijzerzandsteen en de kompakte Klei van Boom van de Formatie van de Rupel weerstonden eveneens beter dan de losse zanden en bleven er als getuigen van de vroegere schiervlakte over.

Het grootste deel van de provincie ligt nu tussen + 5 en + 20\*. Het terrein is meestal vlak; op de interfluvia evenwel komen op korte afstand lokale hoogteverschillen voor van 2 à 3 m. Langs de Schelde, de Rupel en een groot deel van de Nete strekt het land zich uit tussen 0 en + 5. De erosie-getuigen in het zuiden van de provincie daarentegen vormen thans nog gebieden met hoogten boven + 20; dit is eveneens het geval voor het gebied met zware klei in het noorden van de provincie. Hoogten van + 40 komen voor aan de oostgrens bij de overgang naar het Kempisch Plateau en op de heuveltoppen in het zuiden.

Hydrografisch behoort het noordelijk deel van de provincie tot het Maasbekken, het zuidelijk deel tot het Scheldebekken. De waterscheiding tussen beide stroombekkens ligt tussen Kalmthout en Ravels.

Geografisch kan de provincie in een aantal regio's worden onderverdeeld waarvan de grenzen echter niet ondubbelzinnig vastliggen (figuur 3).

- A. De Scheldepolders zijn vooral in de historische tijden tot stand gekomen. Het is een vlak en laag gebied (+ 2 tot + 4), onder het gemiddeld vloedniveau van de Schelde gelegen, met enkele hogergelegen donken. Het microreliëf is door overstromingen en uitvening bepaald. De ontwatering gebeurt daar kunstmatig door poldersloten, sluizen en bemaling. Door de Antwerpse havenuitbreiding werd dit gebied evenwel grotendeels gewijzigd. Ook de uitbreiding van de stad Antwerpen op de Linkeroever heeft hiertoe bijgedragen.
- B. De Antwerpse Noorderkempempen worden gekenmerkt door een vlakke dekzandtopografie, waarin duinmassieven opvallen door hun sterk mikroreliëf. Makromorfologisch is het ganse gebied een mikrocuesta waarvan de zachte helling naar het noorden is gericht (van ca. + 30 tot ca. + 10). Het hydrografisch net is duidelijk konsekwent aan dit makroreliëf. Van west naar oost onderscheidt men het bekken van de kleine A, van de Weerijs, van de Mark en van de A.

(\*): Alle hoogten worden uitgedrukt in meter t.o.v. het referentievlak van de Tweede Algemene Waterpassing van het Nationaal Geografisch Instituut.

- C. De Antwerpse Zuiderkempen bestaan uit een zandige erosievlakte die langzaam naar het westen toe daalt. Vooral het zuidelijke deel wordt gekenmerkt door de bewaring van een aantal positieve reliëfdelen, die individueel in het landschap opduiken, relatief hoog zijn (meer dan + 40) en een zuidwest-noordoost oriëntatie hebben. Meestal zijn het erosiegetuigen waarvan de afzettingen van de Formatie van Diest de weerstandbiedende kern vormen. Het hydrografisch net in de zuiderkempen vertoont hoofdzakelijk een oostnoordoost-westzuidwest oriëntatie. De belangrijkste rivieren zijn, van noord naar zuid, het Groot Schijn, de A, de Kleine Nete en de Grote Nete. Daarnaast wordt het gebied omlijnd of doorkruist door verschillende kanalen zoals de Kempische Kanalen, het Albertkanaal en het Netekanaal.
- D. Het Land van Boom is een typisch kustgebied. Het is in het algemeen gekenmerkt door een zuidelijke steilrand en een vlakke zeer zacht aflopende noordelijke helling. De vlakke structuur wordt verstoord door enkele diepe insnijdingen. Het noordelijke subhorizontale vlak wordt gedraineerd door onbelangrijke zuid-noord lopende beekjes.
- E. Het Land van Mechelen is een laag gelegen gebied in de riviervlakte ten zuiden van Boom en een uitloper van de Vlaamse Vallei. Het is een vlak landschap, waardoor een aantal belangrijke waterwegen lopen en uitmonden: de Beneden Nete, de Dijle, de Zenne en de Rupel alsook het Zeekanaal van Brussel naar de Rupel. Dit gebied sluit aan bij Klein-Brabant en het 'Gebied tussen Zenne en Dijle' in de provincie Brabant.
- F. en G. Het kleine gebied in het westen van de provincie, op de linkeroever van de Schelde dat tot het Land van Waas behoort, wordt hier niet besproken daar deze eenheid vooral in de provincie Oost-Vlaanderen is gelegen. Hetzelfde geldt voor het uiterste oosten van de provincie, dat de overgang vormt tot het Kempisch Plateau, dat vooral in de provincie Limburg voorkomt.



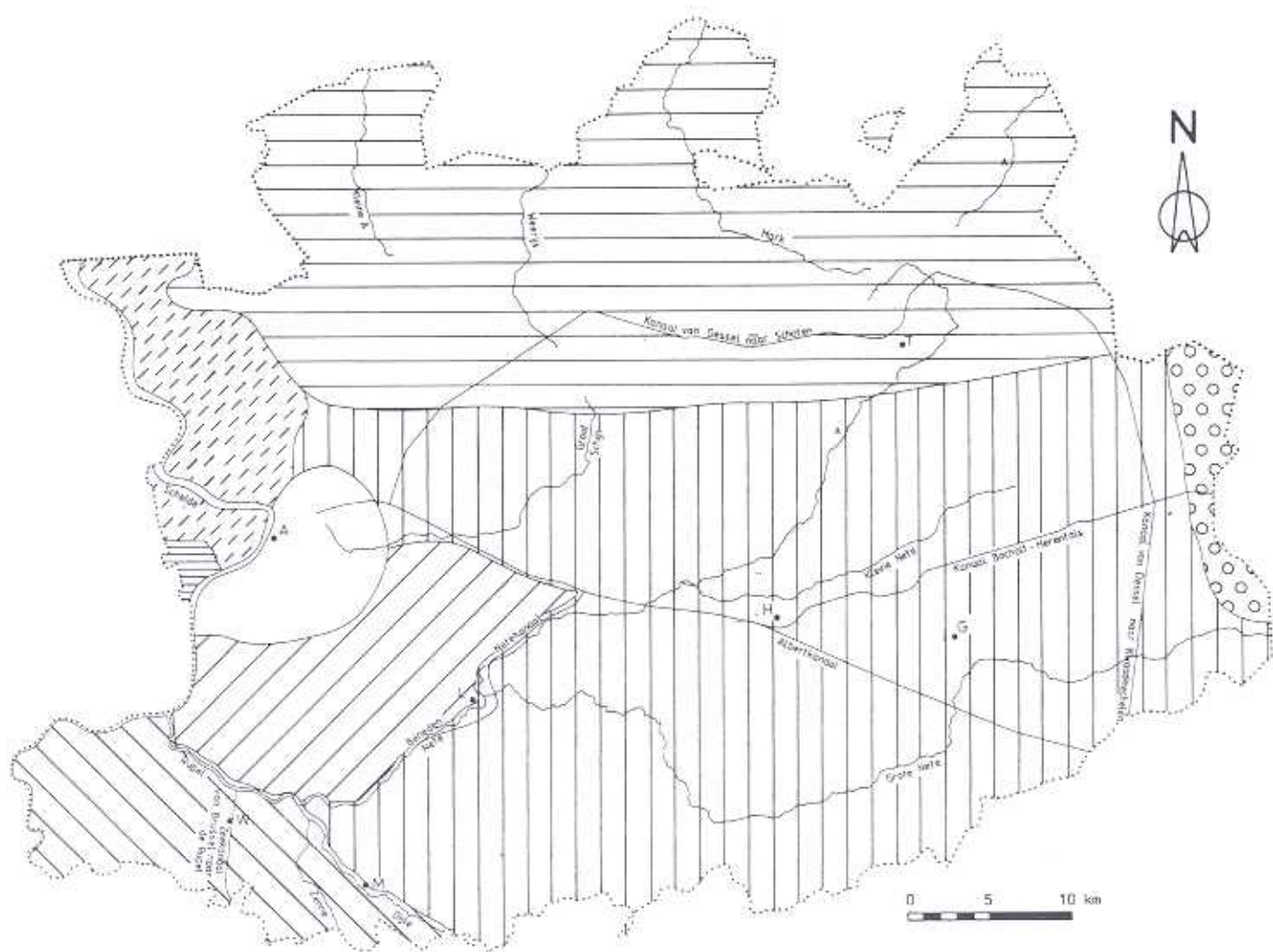


Fig. 3 - Geografische indeling

LEGENDE

- |   |                                       |   |                        |
|---|---------------------------------------|---|------------------------|
|  | De Scheldepolders                     |  | Het Land van Boom      |
|  | De Antwerpse Noorderkempen            |  | Het Land van Waas      |
|  | De Antwerpse Zuiderkempen             |  | Het Land van Mechelen  |
|  | Overgang naar<br>Het Kempisch Plateau |  | Agglomeratie Antwerpen |

## 6. Geologie en hydrogeologie

### 6.1. Stratigrafische tabel en hydrogeologische kenmerken

De bespreking van de geologie en hydrogeologie in de provincie Antwerpen is beperkt tot de lagen, die in het bestek van de bespreking van de grondwaterkwetsbaarheid belang hebben, d.w.z. hetzij als bovenste winbare watervoerende laag, hetzij als deklaag.

Voor de stratigrafische indeling werd in de eerste plaats gesteund op de litologie. De litostratigrafie of de opeenvolging van aardlagen in eenheden op grond van aard en samenstelling van gesteenten, vormt de basis voor de hydrogeologie. De doorlatendheid van de litologische eenheden maakt een indeling in watervoerende en niet-watervoerende lagen mogelijk. Bij de litostratigrafie is een systeem van elkaar hiërarchisch opeenvolgende eenheden in gebruik. Deze is van hoog naar laag als volgt: groep, formatie, lid, laag. In tabel 1 werden de in de provincie Antwerpen dagzomende formaties aangegeven. De litologische kenmerken alsook de dikte in de provincie werden aangeduid. De benaming en begrenzing van de verschillende formaties ligt echter nog niet ondubbelzinnig vast en is in de loop der tijd veelvuldig gewijzigd. De benamingen die hier gebruikt zijn, worden evenwel in de meest recente publikaties gebruikt, zodat deze voorlopig als de meest gangbare mogen worden beschouwd.

Daar de lagen echter ook veelal met hun kronostratigrafische benaming worden genoemd, werd in de tabel ook de geologische tijd of de geokronologie opgenomen. Bij de indeling van de geologische tijd wordt eveneens een hiërarchie gehanteerd: era, periode, tijdvak, tijd. De era, de periode en het tijdvak, waarin de opeenvolgende formaties werden afgezet, zijn aangegeven.

Tot slot is ook het hydrogeologisch kenmerk van elke formatie aangeduid. Hierbij werd de volgende indeling gebruikt: zeer slecht doorlatend, slecht doorlatend en doorlatend. Deze indeling is louter kwalitatief en is uiteraard regionaal gebonden. Enkel het hydrogeologisch kenmerk dat in de ganse provincie het meest typisch is werd aangeduid.

### 6.2. Litostratigrafische kaart

Ten einde de laterale verbreiding van de verschillende formaties voor te stellen werd een litostratigrafische kaart opgesteld op schaal 1:300.000 (fig. 4). De stratigrafische indeling in de provincie Antwerpen is vrij complex. Er is geen algemeen geldende overeenstemming inzake ouderdomsbepaling, korrelatie en superpositie van de verschillende formaties. Daar niet alleen de benamingen, maar ook de begrenzing van de verschillende litostratigrafische eenheden nog niet vast liggen, verschillen de vroeger gepubliceerde kaarten onderling sterk. De hier voorgestelde kaart dient dan ook als een schets te worden beschouwd, waarbij de meest recent aangewende benamingen worden gebruikt. De boven-kwartaire afzettingen, die alles overdekken, werden niet op de kaart aangebracht.

Voor de opstelling van deze kaart werd gebruikt gemaakt van een aantal beschikbare kaarten: de Geologische Kaart van België op schaal 1:40.000, geologische kaarten opgesteld door TAVERNIER en de HEINZELIN (1962), GULINCK (1962) en MARECHAL (1979) en de Grondmechanische Kaart van de Antwerpse agglomeratie op schaal 1:5000, uitgegeven onder de auspiciën van het Rijksinstituut voor Grondmechanica. Daarnaast werden een groot aantal boorgegevens uit de archieven van de Belgische Geologische Dienst en uit de archieven van het Geologisch Instituut van de Rijksuniversiteit Gent geraadpleegd en geïnterpreteerd.

Tabel 1 - Stratigrafie en hydrogeologie

ERA	KRONOSTRATIGRAFIE		LITOSTRATIGRAFIE		LITOLOGIE	MAXIMALE DIKTE	HYDROGEOLOGIE
	PERIODE	TJIDVAK	FORMATIE				
C E N O Z O I C U M	K W A R T A I R	HOLOCEEN	FORMATIES VAN HET HOLOCEEN		Klei, leem, veen, zand, grind	5 m	Plaatselijk doorlatend, plaatselijk slecht doorlatend
			FORMATIES VAN HET BOVEN- EN MIDDEN-PLEISTOCEN		Leem, veen, zand, grind	15 m	Doorlatend, plaatselijk slecht doorlatend
			FORMATIE VAN DE KEMPEN		Afwisseling van fijn tot plaatselijk grof zand en klei	35 m	Plaatselijk doorlatend, plaatselijk slecht doorlatend
	N E O G E E N	PLIOCEEN	FORMATIE VAN BRASSCHAAT/ MERKSPLAS		Fijn tot grof zand	30 m	Doorlatend
			FORMATIE VAN MOL		Fijn tot grof zand	40 m	Doorlatend
			FORMATIE VAN LILLO		Afwisseling van glauconiethoudend, schelprijk fijn zand en glauconiethoudend, schelprijk kleihoudend fijn zand tot klei	30 m	Doorlatend, met plaatselijk slecht doorlatende niveau's
			FORMATIE VAN KATTENDIJK		Glauconiethoudend, schelphoudend fijn zand	15 m	Doorlatend
			FORMATIE VAN KASTERLEE		Glauconiethoudend fijn zand, plaatselijk kleihoudend	25 m	Doorlatend, plaatselijk slecht doorlatend
			FORMATIE VAN DIEST		Glauconiethoudend fijn tot grof zand, met plaatselijk verharde niveau's	130 m	Doorlatend
			FORMATIE VAN BERCHEM		Glauconiethoudend tot kleihoudend fijn zand	65 m	Doorlatend plaatselijk slecht doorlatende niveau's
P A L L E O G E E N	OLIGOCEEN	FORMATIE VAN DE RUPEL		Strijve klei	115 m	Zeer slecht doorlatend	
		FORMATIE VAN ZELZATE		Glauconiethoudend, plaatselijk kleihoudend fijn zand	25 m	Doorlatend tot plaatselijk slecht doorlatend	
		FORMATIE VAN HET MEETJESLAND		Afwisseling van stijve klei en glauconiethoudend fijn zand	50 m	Afwisselend slecht doorlatend en zeer slecht doorlatend	

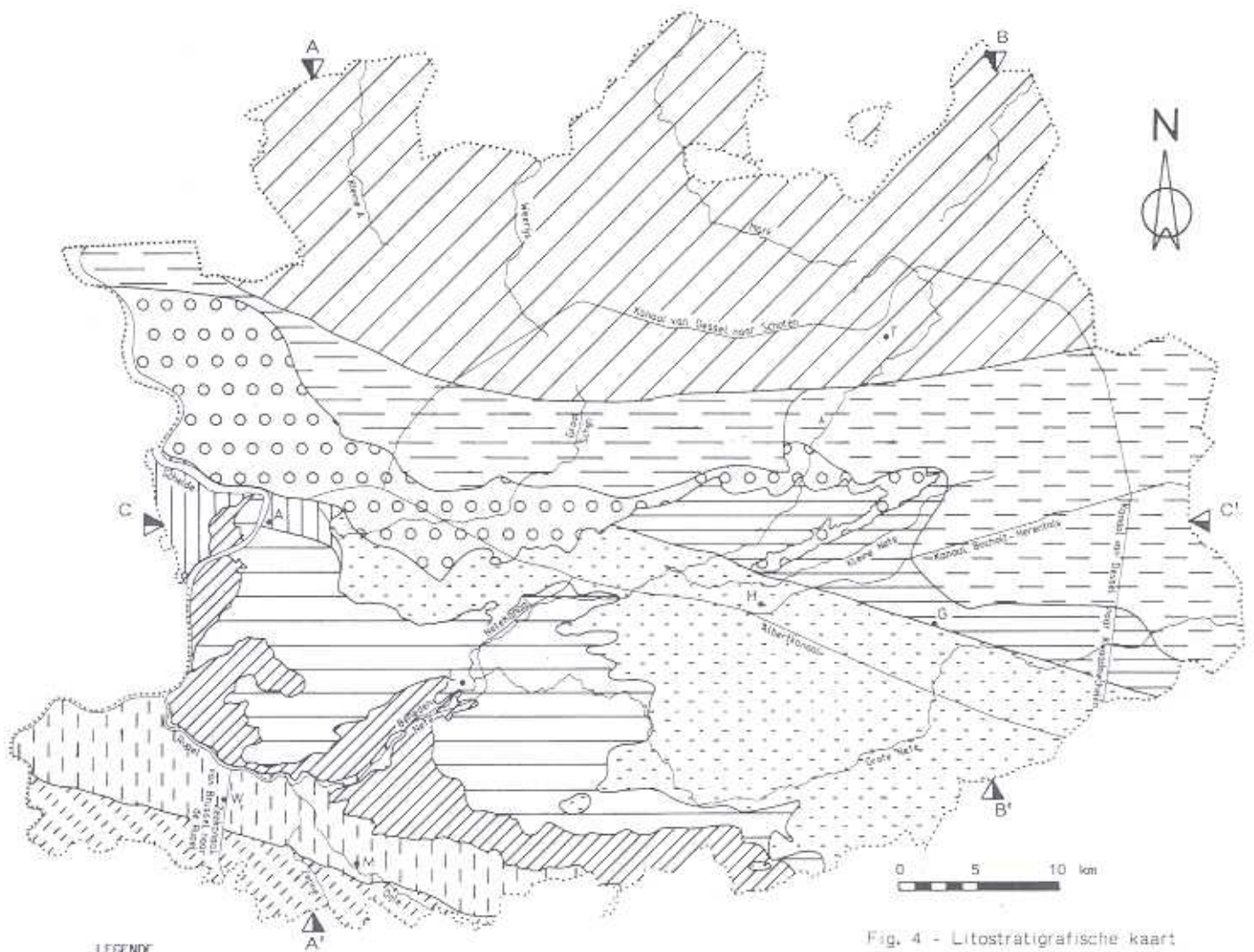















Fig. 4 - Litostratigrafische kaart

LEGENDE

- |   |                         |   |                               |
|---|-------------------------|---|-------------------------------|
|  | FORMATIE VAN DE KEMPEN  |    | FORMATIE VAN DIEST            |
|  | FORMATIE VAN BRASSCHAAT |    | FORMATIE VAN BERCHEM          |
|  | FORMATIE VAN MOL        |    | FORMATIE VAN DE RUPEL         |
|  | FORMATIE VAN LILLO      |    | FORMATIE VAN ZELZATE          |
|  | FORMATIE VAN KATTENDIJK |    | FORMATIE VAN HET MEETJESLAND  |
|  | FORMATIE VAN KASTERLEE  |   | Litostratigrafische doorsnede |
|   |                         | A   | A'                            |

Algemeen gezien kan men stellen dat de formaties in de provincie alle zeer zacht naar het noordoosten toe dalen. De oudste lagen van het Eoceen, dagzomen bijgevolg in het zuidwesten van de provincie. Op de provinciegrens tussen Antwerpen en Limburg, in het zuidoosten, situeert zich een ravinerende geul in noord-oost-zuidwestelijke richting, die zich doorheen Mioceen, Oligoceen en Eoceen afzettingen heeft gesneden en die is opgevuld met sedimenten uit de Formatie van Diest.

Hydrogeologisch gezien, vormt de Formatie van Rupel met de Klei van Boom, het zeer slecht doorlatende substraat van het grondwaterreservoir in het grootste deel van de provincie: vanaf het gebied waar deze dagzoomt en ten noorden ervan. In de Antwerpse Noorderkempen kan de klei in de Formatie van de Kempen zeer plaatselijk een zeer slecht doorlatend substraat vormen. Ten zuiden van de ontsluiting van de Formatie van de Rupel, in het Land van Mechelen, vormt de Formatie van het Meetjesland het zeer slecht doorlatend substraat.

### 6.3. Litostratigrafische doorsneden

Doorheen de provincie werden 3 litostratigrafische doorsneden getekend: twee noord-zuid profielen (AA' en BB') en één west-oost profiel (CC') (fig. 5, 6, 7). De plaats van de doorsneden werd aangeduid op figuur 4.

Voor deze doorsnede werden boringen aangewend uit de archieven van de Belgische Geologische Dienst en van het Geologisch Instituut van de Rijksuniversiteit Gent. De gebruikte boringen werden op de doorsneden aangeduid door middel van een verticale lijn.

Dezelfde opmerkingen met betrekking tot de begrenzingen en naamgeving van de verschillende formaties, die werden vermeld bij de litostratigrafische kaart gelden ulteraard ook voor deze doorsneden.

Op deze doorsneden werden ook de in de provincie Antwerpen niet dagzomende Formaties van Lede en van de Mont-Panisel aangeduid. De holoceen en boven- en midden-pleistocene afzettingen werden daarentegen meestal niet onderscheiden.

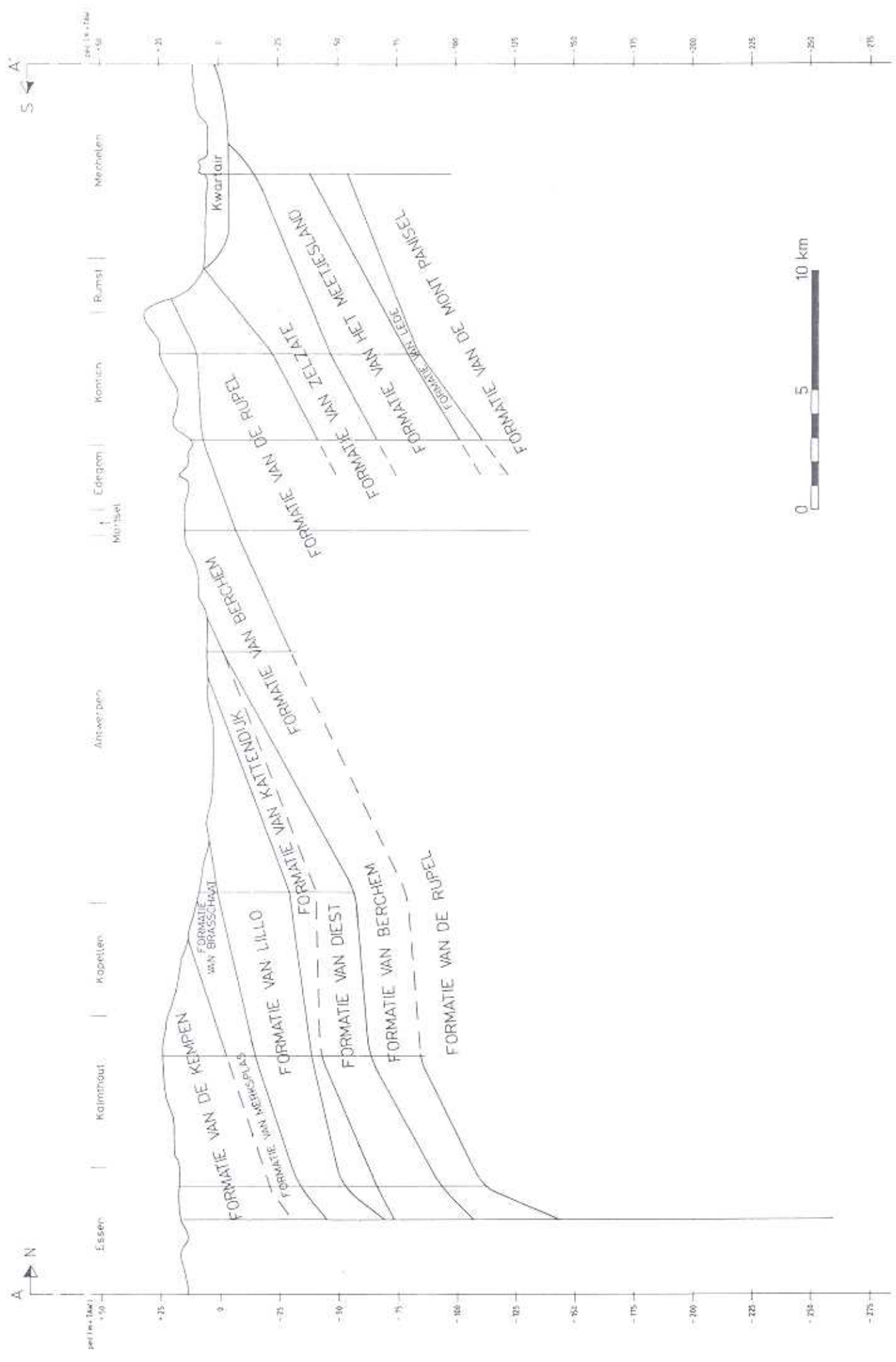


Fig. 5 - Lithostratigrafische doorsnede AA'

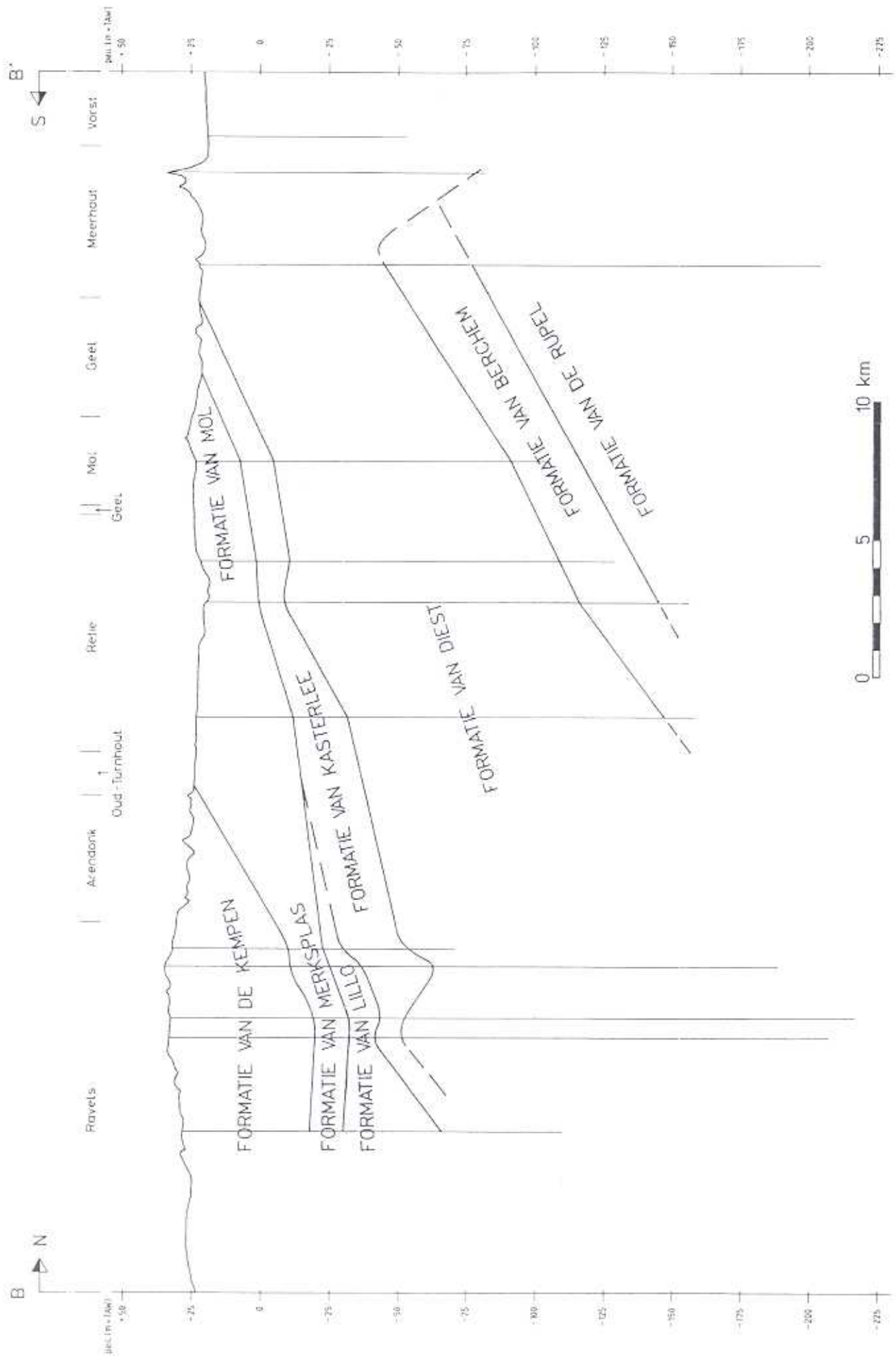


Fig. 6-Lithostratigrafische doorsnede BB'

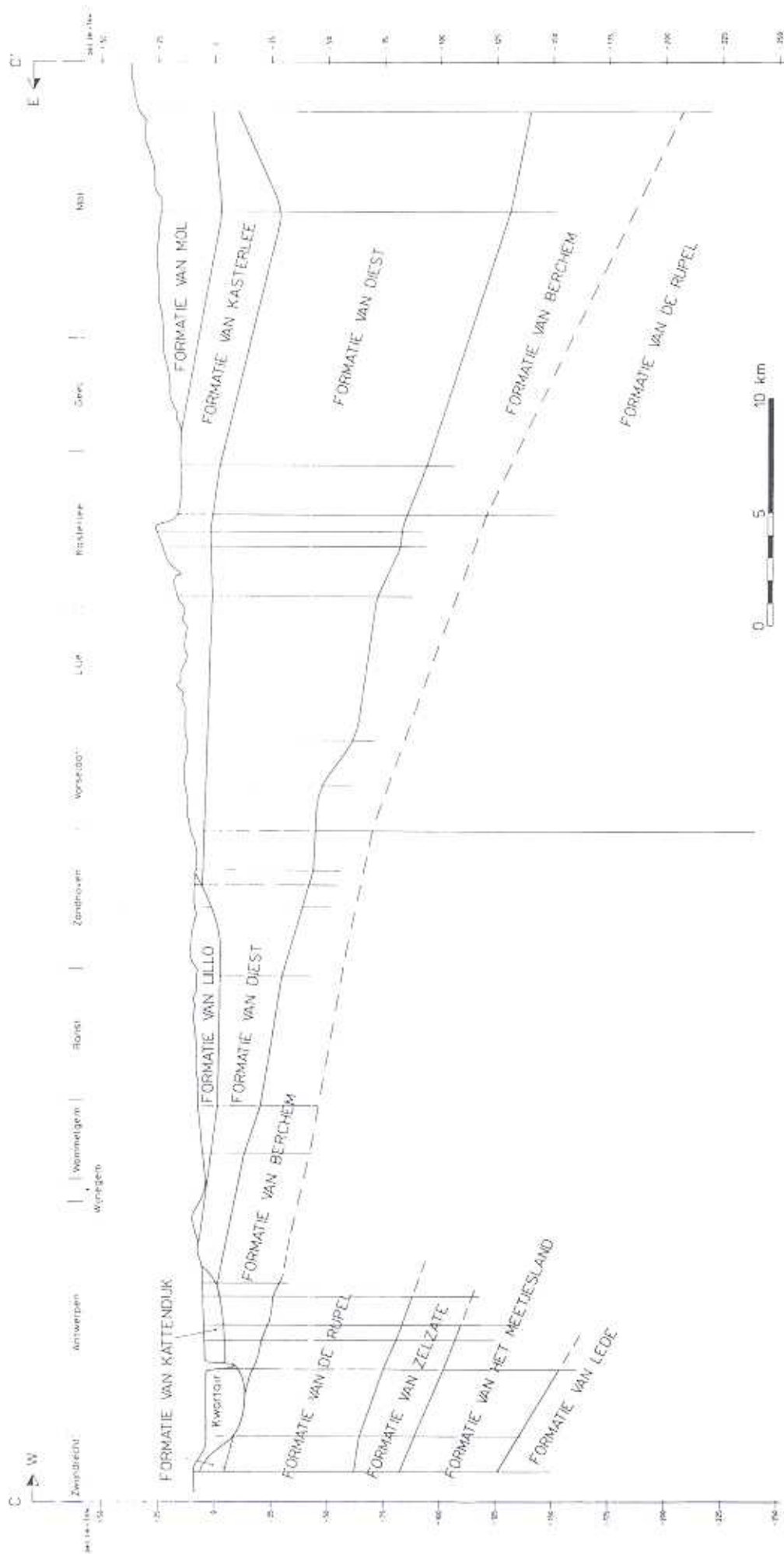


Fig 7. Lithostratigrafische doorsnede CC'



## 7. De grondwaterkwetsbaarheidkaart

De bespreking van de grondwaterkwetsbaarheidkaart zelf op schaal 1:100.000 gebeurt aan de hand van de erop voorkomende indeling in kwetsbaarheidsgraden. De graden 'uiterst kwetsbaar' en 'matig kwetsbaar' komen niet voor in de provincie Antwerpen.

### 7.1. Zeer kwetsbaar (oranje op kaart)

Het grootste deel van de provincie behoort tot deze kwetsbaarheidsgraad. Bovendien blijkt het steeds de index Ca1 te zijn die tot deze kwetsbaarheidsgraad leidt, d.w.z. een winbare watervoerende laag bestaande uit zand, zonder deklaag en met een onverzadigde zone van maximaal 10 m dikte. In dit groot gebied kunnen 3 delen worden onderscheiden:

- 1° Het gebied ten zuiden van de weinig kwetsbare noordwest-zuidoostgerichte band, onderaan de kaart, namelijk het Land van Mechelen, waar het vooral de afzettingen van het Kwartair zijn die de bovenste winbare watervoerende laag vormen, al dan niet met de zandige afzettingen van de Formatie van Zeizate en de Formatie van het Meetjesland. Plaatselijk komen er ten zuiden van Willebroek west-oostgerichte zones voor, waarin de kwartaire afzettingen dunner worden en rusten op één van de kleiige afzettingen van de Formatie van het Meetjesland, zodat het plaatselijk gezien niet winbaar is. Daar deze zones zeer klein zijn en bovendien rechtstreeks horizontaal in verbinding staan met het zeer kwetsbare gebied rondom, werd geopteerd voor de meest veilige voorstelling, door deze zones niet voor te stellen. Hetzelfde geldt voor plaatselijk voorkomende slecht doorlatende lagen in het Kwartair.
- 2° Het gebied ten noorden van bovenvermelde weinig kwetsbare band, namelijk in de Scheldepolders en de Zuiderkempen. Het betreft hier uiteraard de zandige afzettingen uit het Mioceen en Pliocceen, zoals de Formatie van Berchem, van Diest, van Kasterlee, van Kattendijk, van Mol, van Lillo en van Brasschaat. Deze lagen vormen een zeer belangrijk maar zeer kwetsbaar grondwaterreservoir. De doorlatendheid van de zandige afzettingen boven de Klei van Boom en de dikte van de onverzadigde zone in acht genomen, werd als zuidgrens van dit gebied de 10 m isopach op de Klei van Boom genomen. De alluviale kwartaire lagen kunnen plaatselijk enige bescherming bieden. Meestal zijn deze echter zo beperkt in omvang en uitbreiding dat ze niet zijn voorgesteld. Nabij grondwaterwinningen is de watertafel soms tot meer dan 10 m verlaagd, zodat de onverzadigde zone meer dan 10 m dik is; desalniettemin zijn deze gebieden niet met een lagere kwetsbaarheidsgraad aangeduid. Waar de Formatie van Kasterlee dagzoomt, kunnen zeer plaatselijk minder kwetsbare gebieden voorkomen door de kleihoudende zones in deze formaties. Daar deze gebieden echter klein en niet duidelijk te omlijnen zijn, werden ze niet voorgesteld. Tot slot dient er wel vermeld dat in de Scheldepolders het grondwater van nature verzilt is. De uitbreiding van dit gebied valt nagenoeg samen met de grens van de Scheldepolders. Gans in het oosten is er een zeer kwetsbare uitloper in noordelijke richting; deze stemt overeen met de dikke zandige pakketten van oude Maasafzettingen.
- 3° Het gebied van de Antwerpse Noorderkempen is aangegeven door één bandenpatroon. Het grillig karakter van de Formatie van de Kempen, bestaande uit een afwisseling van zand en klei, heeft tot gevolg dat dit ganse gebied bestaat uit een afwisseling van zeer kwetsbare en weinig kwetsbare zones. De grote afwisseling heeft tot gevolg dat, op schaal 1:100.000, deze zones in de meeste gevallen moeilijk te begrenzen zijn. Bijgevolg werd voor een bandenpatroon gekozen. De meest veilige manier bestaat erin dit ganse gebied volledig als zeer kwetsbaar voor te stellen maar de zeer dikke kleilagen die o.a. rond Beerse, Sint-Lenaarts en Rijkevorsel voorkomen, maken die zones minder kwetsbaar. Rond deze gebieden treft men ook de meeste kleigroeven aan. Op die plaatsen is dan weer de beschermende kleilaag weggenomen.

Tot slot is er nog een klein gebied rond Waarloos, te midden van de weinig kwetsbare band. Dit is een gevolg van de verdikking van de afzettingen boven de Klei van Boom, waardoor hier een winbare watervoerende laag aanwezig is.

### 7.2. Kwetsbaar (geel op kaart)

Binnen het grote centrale gebied dat zeer kwetsbaar is, vallen enkele kleine gebieden op die als kwetsbaar werden beschouwd. Ze dragen alle de index Ca2, wat op een winbare watervoerende laag in zandige afzettingen wijst, zonder deklaag met een onverzadigde zone van meer dan 10 m dikte.

Al deze gebieden zijn noordoost-zuidwest gericht met een uitgesproken positief relief. De ondergrond bestaat uit zand. De zuidelijke heuvels hebben hun ontstaan vooral te danken aan de ijierzandsteen in de Formatie van Diest. Nabij Lichtaart-Kasterlee bestaat de langgerekte heuvel uit afzettingen van de Formatie van Lillo met daarop kwartaire zanden.

In al deze gebieden staat de grondwatertafel gemiddeld meer dan 10 m onder het maaiveld, zodat deze gebieden iets minder kwetsbaar dan het omliggende werden beschouwd.

### 7.3. Weinig kwetsbaar (donkergroen op kaart)

Op de kaart komen twee duidelijk gescheiden kwetsbare gebieden voor:

1<sup>o</sup> in het zuiden ligt een brede noordwest-zuidoost gerichte band

2<sup>o</sup> in het noorden treft men een zone aan, waarin de graden zeer kwetsbaar met weinig kwetsbaar afwisselen.

Het eerste gebied draagt de index Dc, d.w.z. dat de watervoerende laag uit kleinhoudend of leemhoudend fijn zand bestaat met een kleilige deklaag. Deze deklaag wordt gevormd door de zeer slecht doorlatende Klei van Boom van de Formatie van de Rupel, terwijl de kleihoudende fijne zanden juist onder de Klei van Boom als winbaar werden beschouwd. De zuidgrens van dat gebied valt samen met die van de ontsluiting van de Klei van Boom. Deze vormt een cuestafront. De noordgrens is de 10 m diktlijn van het zand op de Klei van Boom. In het westen vormt de Schelde de grens en in het oosten de geul die doorheen de Formatie van de Rupel is gesneden en die opgevuld is door de afzetting van de Formatie van Diest. Gans het gebied werd als weinig kwetsbaar beschouwd, met uitzondering van een kleine zone rond Waarloos, die reeds onder punt 7.1 werd besproken, en een geul ten zuiden van Ramsel.

Toch dient er op gewezen dat in groeven plaatselijk de kleilaag, die de beschermende deklaag vormt, kan weggegraven zijn. Dit is vooral het geval in het gebied ten westen van de Nete rond Rumst en Boom, waar de klei op grote schaal is ontgonnen. Dat is ook het geval voor het gebied langs de Schelde waar men een groot aantal groeven aantreft.

Bij het tweede gebied met het bandenpatroon in de Antwerpse Noorderkempen, is de voorkomende index Cc, wat wijst op een winbare watervoerende laag uit zand, onder een kleilige deklaag. Voor de bespreking hiervan wordt verwezen naar punt 7.1.

## 8. Geraadpleegde werken

- ALBINET, M. (1970). *Carte de vulnérabilité à la pollution des nappes d'eau souterraine de la France (1:1.000.000)*. ORLEANS: BRGM.
- BELGISCHE GEOLOGISCHE DIENST. *Archieven van de Belgische Geologische Dienst*, Brussel.
- BRGM. (1980). *Carte de vulnérabilité des eaux souterraines à la pollution: Région Nord-pas-de-Calais (1:250.000)*, ORLEANS: BRGM.
- CHO-TNO. (1982). *Verklarende hydrologische woordenlijst*, 33 p., 2 bijl., Den Haag: Commissie voor Hydrologisch Onderzoek TNO (Rapporten en nota's nr. 8a).
- CNUDDE, J.P. (1978). *Hydrogeologische studie van het plasseengebied van Mol*, Gent: Geologisch Instituut - Rijksuniversiteit (rapport) p. 36.
- DE BREUCK, W. & LEBBE, L. (1979). *Hydrogeologische studie van het Blak van Beerse-Rijkvorsel-Merkplas*, 64 p., 7 aanh., Gent: Rijksuniversiteit - Geologische Instituut (Rapport TGO 79/1 i.o.v. Minister van de Vlaamse Gemeenschap).
- DE BREUCK, W., VAN DYCK, E. & LEBBE, L. (1981). *Hydrogeologische, bodemkundige en ecologische studie van de 'Kalmthoutse Heide' en de omliggende landbouwgronden*, *Hydrogeologische studie*, 94 p., 57 fig., 25 tab., 6 aanh., Gent: Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (rapport TGO 79/5 i.o.v. Minister van de Vlaamse Gemeenschap).
- DE MEUTER, F. (1974). *Bijdrage tot de systematiek en de paleoecologie van de Benthonische Foraminiferen uit het Mioceen van België*, 31 + 212 + 108 p. + figuren, Leuven: Katholieke Universiteit - Faculteit der Wetenschappen (Doctoraatsverhandeling).
- DE MEUTER, F. & LAGA, P. (1976). Lithostratigraphy and biostratigraphy based on benthonic Foraminifera of the Neogene deposits of Northern Belgium. *Bull. Belg. Ver. Geol.* 85, 133-152.
- DE PLOEY, J. (1961). Morfologie en Kwartair-stratigrafie van de Antwerpse Noorderkempen. *Acta Geogr. Lovan.* 1, 126 p.
- DERAYMAEKER, D. (1972). *Eerste resultaten van de studie der deklagen op het kaartblad Dendermonde-Puurs*, 17 p., Brussel: Aardkundige Dienst van België (Prof. Paper 1972/6).
- DE RICHTER, R. (1971). *Bijdrage tot de geologie van de vlakte van Booischof*, 116 + (7) p., Gent: Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (licentiaatsverhandeling).
- GEOLOGISCH INSTITUUT. *Archieven van het Geologisch Instituut*, Gent: Rijksuniversiteit.
- GEYS, J. (1975). *De sedimentologie en de morfogenetische betekenis van de Oudpleistocene afzettingen in de Antwerpse Noorderkempen*, 230 p., Gent: Faculteit Wetenschappen - Rijksuniversiteit (Doctoraatsverhandeling).
- GULINCK, M. (1962). Essai d'une carte géologique de la Campine. Etat de nos connaissances sur la nature des terrains néogènes recoupés par sondages. *Mém. Soc. belge géol.*, 6, 30-39.
- HALET, F. (1936). La géologie de la Vallée du Rupel entre Willebroeck et Boom. *Bull. Soc. belge géol.*, XLVI, 190-194.
- JACOBS, P. (1978). *Litostratigrafie van het Boven-Eoceen en van het Onder-Oligoceen in Noordwest België*, 92 p., Brussel: Aardkundige Dienst van België (Prof. Paper nr. 151, 1978/3).
- LAGA, P.G. (1973). *The Neogene Deposits of Belgium*. Guide book for the Field Meeting of the Geologists' Association London, 31 p.
- MARECHAL, R. (1979). *Geologische kaart van België (1:160.000)*, Manuscript, Gent: Laboratorium voor Aardkunde - Rijksuniversiteit Gent.
- MIJS, M. (1973). De geomorfologische ontwikkeling van de Noorderkempen en de Scheldepolders. *Nation. Centre. Geomorphol. Onderz. Werkst.* 13(2), A1-A56, C1-182.
- MINISTERIE DE L'INDUSTRIE ET DU TRAVAIL. (1893-1908). *Carte géologique de Belgique (1:40.000)*, Brussel: Commission Géologique de Belgique.
- MINISTERIE VAN OPENBARE WERKEN (1969). *Richtplan voor de ruimtelijke ordening en ontwikkeling van de streek Schelde-Dijle*, 252 p., Brussel: Ministerie van Openbare Werken.
- MINISTERIE VAN VOLKSGEZONDHEID EN VAN HET GEZIN. (1985). *Biologische waarderingskaart van België - kaartbladen 1 en 7*, Verklarende tekst, 101 p., Brussel: Coördinatiecentrum van de Biologische Waarderingskaart.
- MONKHOUSE, F.J. (1949). *The Belgian Kempenland*, 252 p., Liverpool: At the university press.
- PAEPE, R. & VANHOORNE, R. (1976). The Quaternary of Belgium in its relationship to the stratigraphical legend of the geological map. *Toelichting verhand. Geologische kaart en Mijnskaart van België*, nr. 18, 38 p., 4 pl.
- RIJKSINSTITUUT VOOR GRONDMECHANICA (1978-1984). *Grondmechanische kaart (van de Antwerpse agglomeratie)*, Brussel: Rijksinstituut voor grondmechanica.
- SNACKEN, F. et al., (1975). *Inventaris van het gewest Herentals-Mol*, 134 p. + kaarten, Gent: Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut.
- STUURGROEP GRONDWATERBELEID IN DE PROVINCIE ANTWERPEN. (1978). *Eindverslagen commissies*, 8 delen, Brussel. (onder voorzitterschap van het Ministerie van Volksgezondheid en van het gezin en het Staatssecretariaat voor streekeconomie).
- TAVERNIER, R. (1950-1985). *Bodemkaart van België*, Gent: Centrum voor Bodemkartering (i.o.v. IWONL).

- TAVERNIER, R. & de HEINZELIN, J. (1962). Introduction au Néogène de la Belgique. *Mém. soc. belge géol.*, 6, 7-28.
- TOERISTISCHE FEDERATIE VAN DE PROVINCIE ANTWERPEN. (1984). *Provinciegids voor toerisme en vrije tijd*, 176 p., Tiel et Weep: Lannoo.
- VANDAMME, J. & DE LEENHEER, L. (1970). Bodemtextuur van de landschapsindeling en bodemassociaties in de provincie Antwerpen. *Mededelingen Fakulteit Landbouwwetenschappen*, Gent, 1970, 35, nr. 3, 869-989, 1 kaart.
- VANDENBERGHE, J. (1977). *Geomorfologie van de Zuiderkemp*. 166 p., 2 kaarten. Brussel: Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België (verhandeling).
- VERBRUGGEN, C. (1960). *De bodemgesteldheid van het Land van Boom*. 60 + 4 + 14 + 9 p. Gent: Rijksuniversiteit - Geologisch Instituut (Licentiaatsverhandeling).
- VERHUFF, H., WAGNER, W., AUST, H. (1981). Die Grundwasservorkommen in der Bundesrepublik Deutschland, 112 p. *Geologisches Jahrbuch*, Reihe C, Heft 30, Hannover.
- VRANA, M. (1977). Development of methods for the preparation of groundwater - protection maps. National Enterprise Prague Regional Hydrology Department, Czechosl. *Mém. ass. international hydrogeol.* 13ème vol., part B, p. 22-28, 2 fig.
- ZAGWIJN, W.H. & van STAALDUINEN, C.J. (1975). *Toelichting bij de geologische overzichtskaart van Nederland*. 134 p. Haarlem: Rijks Geologische Dienst.

