

# KWETSBAARHEIDSKAARTEN VAN HET GRONDWATER

DE SMEDT, P., Nationale Maatschappij der Waterleidingen.  
DE BREUCK, W., Rijksuniversiteit Gent, Rijksuniversitair Centrum Antwerpen.  
LOY, W., Katholieke Universiteit Leuven.  
VAN AUTENBOER, T., Limburgs Universiteir Centrum, Diepenbeek.  
VAN DIJCK, E., Rijksuniversiteit Gent.

## VULNERABILITY MAP OF THE GROUNDWATER FOR THE FLEMISH REGION.

*Groundwater is a precious resource. Once contaminated, it is difficult, perhaps impossible, for the water quality to be restored. The risk for contamination depends on a number of factors, jointly determining the groundwater vulnerability.*

*A vulnerability map represents a reference for a good management of groundwater reserves.*

*A decision has been taken by the Flemish Executives for a vulnerability map to be compiled. A vulnerability map was compiled and drawn for each province on a scale 1/100.000 by Prof. Dr. W. Debreuck (State University of Ghent) for Antwerpen and Oost-Vlaanderen, by Prof. Dr. W. Loy (Catholic University of Louvain) for Vlaams Brabant en West-Vlaanderen, and by Prof. Dr. T. Van Autenboer (University of Limburg) for Limburg.*

*The groundwater vulnerability is determined by static as well as dynamic factors. However, the vulnerability map of the Flemish Region is based on a number of static factors only: the extent and*

*type of the aquifers, the covering layers and the unsaturated zone.*

*A formulation for the definition of this map could be as follows: it is a map expressing the degree of risk for contamination of the groundwater in the upper aquifer by contaminants entering the soil from the surface, taking into account static parameters only. The aquifer is regarded as a saturated zone of the formation, being of a sufficiently acceptable thickness and extent, so as to be an economically justified water supply source. In this respect, a minimum supply of, at least, 4m<sup>3</sup>/hr was set.*

*The purpose of the present map is to provide the user with a general picture in view of a regional planning. Also, this map will serve as a guideline for the evaluation of actions causing a potential hazard of contamination.*

*For the future, this map will serve as a basis for a more detailed map including dynamic factors.*

### 1. INLEIDING

Vlaanderen is gekenmerkt door een dichte bebouwing - de bebouwde oppervlakte bedraagt ongeveer 10 % -, een belangrijk wegenisnet, talrijke ontginningsgebieden, een sterke industrialisatie, een intensief gebruik van de landbouwgronden die 70 tot 80 % beslaan van de open ruimte, en slechts een geringe oppervlakte bossen en echte natuurgebieden. Dit heeft tot gevolg dat de kwaliteit van het grondwater, in de overheersend zandige formaties van Vlaanderen, bedreigd wordt door alle mogelijke vormen van verontreiniging zowel vanuit een puntvormige bron (stortplaatsen, lozingen ...) als vanuit grote oppervlakten (landbouw, zure regen ...).

Bij de beoordeling van aanvragen voor de inplanting van industrieën en stortplaatsen, de aanleg van nieuwe verkeerswegen, de inplanting van groeven ... beschikt de overheid over documenten zoals de gewestplannen, de gemeentelijke plannen van aanleg, de bodemkaarten, biologische waarderingskaarten ... en verouderde geologische kaarten. Over de kwetsbaarheid van het grondwater bestaan geen documenten.

Om deze leemte in de beschikbare beleidsinstrumenten op te vullen heeft de Gemeenschapsminister van het Waterbeleid en Leefmilieu aan enkele universitaire instellingen de opdracht gegeven per provincie kaarten op schaal 1/100.000 op te stellen die een algemeen inzicht geven in de kwetsbaarheid van het grondwater.

Gezien de hoogdringendheid is gevraagd om de kaarten voor de provincies Antwer-

pen, Brabant en Limburg uit te werken in een periode van twaalf maanden. Deze beperkte tijd is bepalend geweest voor de inhoud van de kwetsbaarheidskaarten. De dynamische factoren werden daarom voorlopig buiten beschouwing gelaten.

### 2. DE KWETSBAARHEID VAN HET GRONDWATER

De kwetsbaarheid van het grondwater wordt bepaald door tal van factoren van statische en van 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 insijpend 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 verontreini-

gingsbron rekening houdend met de voeding en de aard van de formaties en de aard van de verontreinigende stof

- de wisselwerking tussen de verontreinigende stoffen en de formatie.

### 3. DE KARTERING VAN DE KWETSBAARHEID VAN HET GRONDWATER IN HET VLAAMSE GEWEST

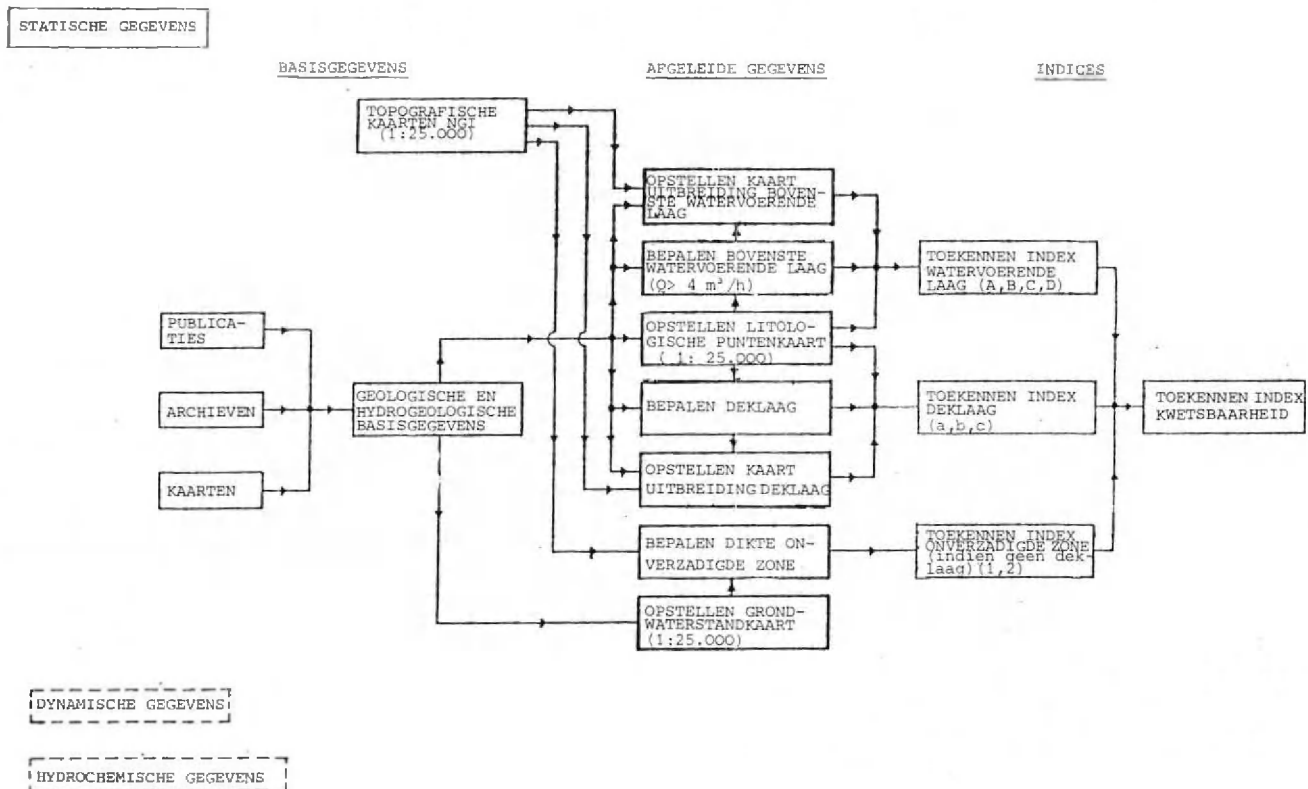
Rekening houdend met de middelen en de tijd is geopteerd voor een kaart op schaal 1/100.000, die steunt op een aantal statische factoren. Deze zijn de omvang en de aard van de watervoerende lagen en van de deklagen en de hydraulische parameters, waaronder vooral de aard en de waarde van de doorlatendheid. In dat opzicht leunt de kaart 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 vanop de bodem in de grond dringen, enkel rekening houdend met statische factoren.

Deze kaart kan later als basis dienen voor een meer gedetailleerde kaart, waarin ook dynamische factoren worden opgenomen.

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

Fig. 1 - Werkwijze voor de opstelling van de grondwaterkwetsbaarheidskaart.



\* Bij detailstudie moeten ook deze gegevens worden genomen.

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.

Er wordt gebruik gemaakt van alle mogelijke beschikbare gegevens die kunnen leiden tot het bepalen van de drie indices 'watervoerende, onverzadigde zone'. Dit zijn onder meer: de topografische kaarten (al of niet vereenvoudigd), de geologische gegevens (kaarten, boringen ...), hydrogeologische gegevens (peilputten, doorlatendheid, porositeit, ...) enz ...

Eerst wordt uitgemaakt welke formatie als voldoende watervoerend kan worden beschouwd. Hierbij spelen de lithologie (doorlatendheid, porositeit, ...) de uitgebreidheid en de dikte van het met water verzadigd gedeelte een belangrijke rol. Verder wordt nagegaan in hoever de watervoerende laag al dan niet wordt afgedekt (boorgegevens) en hoe dik de onverzadigde zone is (piëzometrische kaart).

Tijdens de studiefase is gewerkt op 1/25.000. In de eindfase zijn de resultaten generaliseerd naar 1/100.000.

#### 4. DE GRADEN VAN KWETSBAARHEID

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

#### 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, zandsteen, mergel
- B - grind
- C - zand
- D - leemhoudend zand, kleihoudend zand.

#### 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 deklaagen 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.

#### 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.

#### De kwetsbaarheidsschaal

Op grond van de bovengenoemde factoren is een kwetsbaarheidsschaal opgesteld (figuur 2a en b).

#### 5. PROBLEMEN BIJ DE OPSTELLING

Het opstellen van de kwetsbaarheidskaart van het grondwater verloopt niet zonder moeilijkheden.

Bij vele diepe boringen is er in het verleden weinig of geen aandacht besteed aan de beschrijving van de ondiepe afzettingen die voor de beoordeling van de kwetsbaarheid zeer belangrijk zijn.

De beschikbare boringen liggen daarenboven niet regelmatig verspreid zodat voor sommige gebieden de kwetsbaarheid moet worden bepaald hetzij door enkele bijkomende boringen hetzij door vergelijking met gelijkaardige gebieden. Het tekort aan boringen bemoeilijkt ook de begrenzing tussen

Fig. 2a - kwetsbaarheidsschaal

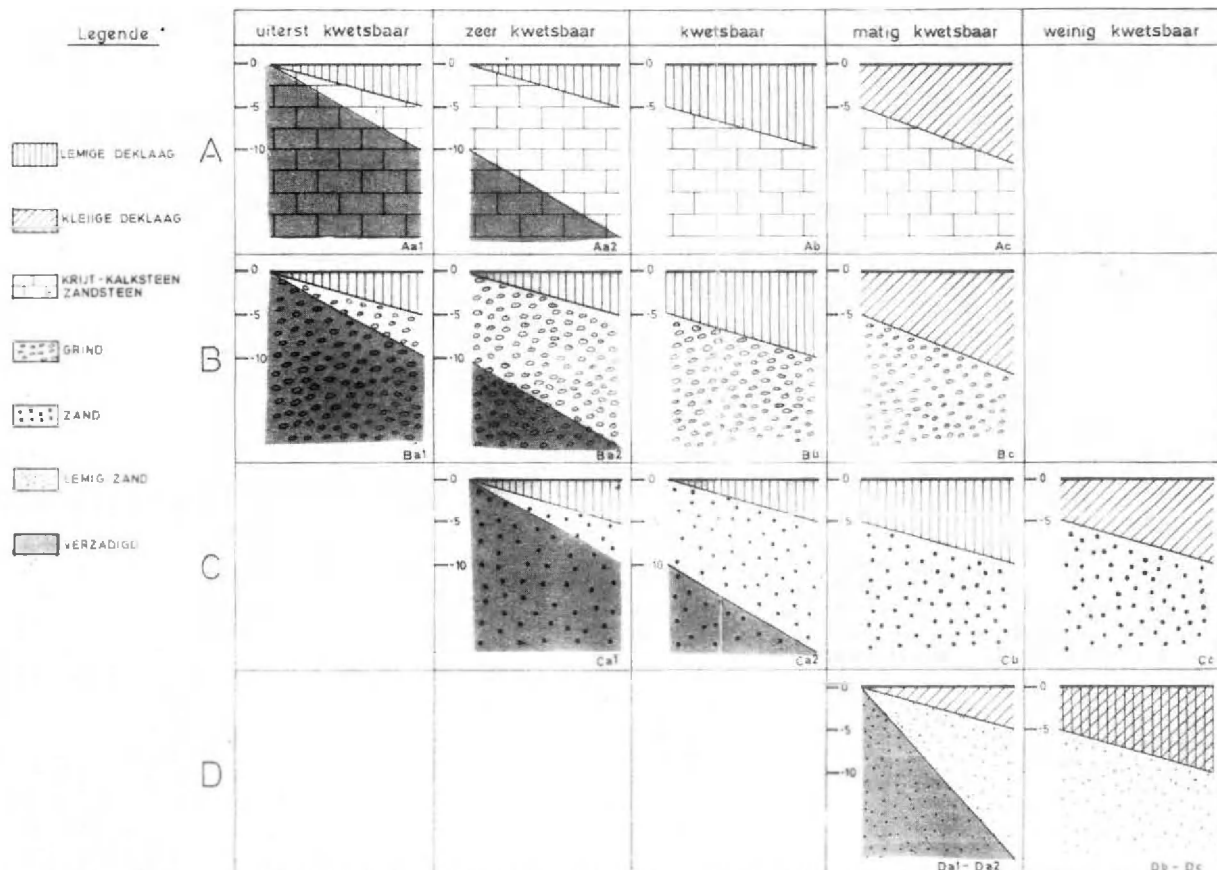
| kwetsbaarheidsgraad | indices | watervoerende laag                  | deklaag            | dikte onverzadigde zone |
|---------------------|---------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| uiterst kwetsbaar   | Aa 1    | krijt, kalksteen, zandsteen, mergel | < 5 m en/of zandig | ≤ 10 m                  |
|                     | Ba 1    | grind                               | < 5 m en/of zandig | ≤ 10 m                  |
| zeer kwetsbaar      | Aa 2    | krijt, kalksteen, zandsteen, mergel | < 5 m en/of zandig | > 10 m                  |
|                     | Ba 2    | grind                               | < 5 m en/of zandig | > 10 m                  |
|                     | Ca 1    | zand                                | < 5 m en/of zandig | ≤ 10 m                  |
| kwetsbaar           | Ab      | krijt, kalksteen, zandsteen, mergel | lemig              |                         |
|                     | Bb      | grind                               | lemig              |                         |
|                     | Ca 2    | zand                                | < 5 m en/of zandig | > 10 m                  |
| matig kwetsbaar     | Ac      | krijt, kalksteen, zand, mergel      | kleilig            |                         |
|                     | Bc      | grind                               | kleilig            |                         |
|                     | Cb      | zand                                | lemig              |                         |
|                     | Da 1    | leemhoudend of kleihoudend zand     | < 5 m en/of zandig | ≤ 10 m                  |
| weinig kwetsbaar    | Da 2    | leemhoudend of kleihoudend zand     | < 5 m en/of zandig | > 10 m                  |
|                     | Cc      | zand                                | kleilig            |                         |
|                     | Db      | leemhoudend of kleihoudend zand     | lemig              |                         |
|                     | Dc      | leemhoudend of kleihoudend zand     | kleilig            |                         |

de watervoerende lagen. Het ontbreken van duidelijke hydrogeologische karakteristieken voor sommige formaties, zoals o.a. voor de zanden van Kasterlee en de argilieten van het Landenaan, geeft aanleiding tot twijfel in verband met het al of niet weerhouden van deze formaties als watervoerende laag, zoals eerder in dit artikel gedefinieerd. De gebieden waarvoor gedetailleerde piëzometrische kaarten ter beschikking zijn, beslaan slechts een gering gedeelte van de in kaart te brengen oppervlakte zodat in de overige gebieden problemen kunnen rijzen met het bepalen van de dikte van de onverzadigde zone, die medebepalend is voor de klassificatie van de kwetsbaarheid.

## 6. TOEPASBAARHEID - BEPERKTHEID

Het beperkt aantal criteria dat aan de basis ligt van de kwetsbaarheidsschaal, de problemen die bij de uitvoering zijn gerezen en de kleine schaal maken dat de kaart met grote omzichtigheid dient te worden gehanteerd. De kaart geeft enkel een statisch beeld. Het dynamisch aspect ontbreekt gezien de stromingsrichting niet is ingetekend en geen rekening is gehouden met de kwel of infiltratie tussen de verschillende waterlagen. Als dusdanig geeft de kaart een aanwijzing omtrent de omzichtigheid waarmee over een dossier moet worden beslist.

Fig. 2b - Grafische voorstelling van de kwetsbaarheidsgraden



## 7. DE BESCHIKBAARHEID

De kaart op schaal 1/100.000 samen met de begeleidende tekst is beschikbaar voor iedereen. Zowel openbare besturen als particulieren kunnen deze documenten bekomen op het volgende adres:

A.R.O.L. - Bestuur voor Leefmilieu  
Dienst water- en Bodembeleid  
Belliardstraat 12 - 1040 Brussel  
Tel. 02/513.99.20

Kostprijs: 250,-fr.

Op P.C.R. 000-2001731-40  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
A.R.O.L. - Ontvangsten  
Belliardstraat 14-18 - 1040 Brussel.

De Provinciale Directies van het Bestuur voor Leefmilieu van A.R.O.L. beschikken daarenboven over een meer gedetailleerd werkbundel op schaal 1/25.000.

Deze plannen kunnen ter plaatse geraadpleegd worden na afspraak met de lokale directies op volgende adressen:

A.R.O.L. ANTWERPEN  
- Bestuur voor Leefmilieu  
Britselei 15 - 2000 Antwerpen  
Tel. 003/237.28.50

A.R.O.L. BRABANT  
- Bestuur voor Leefmilieu  
Blijde Inkomststraat 105 - 3000 Leuven  
Tel. 016/22.44.92

A.R.O.L. LIMBURG  
- Bestuur voor Leefmilieu  
Helbeekplein 9 - 3500 Hasselt  
Tel. 011/22.39.61

A.R.O.L. OOST-VLAANDEREN  
- Bestuur voor Leefmilieu  
Gebr. Van Eyckstraat 4-6 - 9000 Gent  
Tel. 091/25.13.83

A.R.O.L. WEST-VLAANDEREN  
- Bestuur voor Leefmilieu  
Werkhuisstraat 9 - 8000 Brugge  
Tel. 050/33.36.71

# BEKLEDINGEN VAN WATERLOPEN EN HUN INVLOED OP HET AFVOERVERMOGEN

Onderzoeken uitgevoerd in het kader van een overeenkomst met het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.

M. VOET, Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Administratie Ruimtelijke Ordening en Leefmilieu - Werkgroep voor Landelijk Waterbeheer in het Vlaamse Gewest  
W. DIERICKX, Ministerie van Landbouw  
Bestuur voor Landbouwkundig Onderzoek

## WATERCOURSE REVETMENTS AND THEIR INFLUENCE ON THE DISCHARGE CAPACITY.

*The influence of some widely applied revetments upon the flow capacity of watercourses has been studied theoretically by comparison with an unrevetted watercourse. Revetments which are aimed at assuring the stability of the profile cause a change in the roughness of the surface. More important however is the change of the*

*wet section by the construction of the revetment within the cross section. When the surface roughness of a revetment affects the flow behaviour significantly the entire range of discharges need be studied in both the revetted part and the adjacent unrevetted parts up and downstream.*

De invloed van enkele veelvuldig aangebrachte bekledingen, op het afvoervermogen van waterlopen, wordt op theoretische basis nagegaan door vergelijking met een niet-beklede waterloop. Bekledingen die tot doel hebben de stabiliteit van het profiel te waarborgen, veranderen de oppervlakteruwheid.

Van meer belang is de wijziging in natte sectie ten gevolge van de inbouw van de bekleding binnen het dwarsprofiel. Bij bekledingen die omwille van hun oppervlakteruwheid het afvoervermogen wezenlijk beïnvloeden, dient het gehele afvoerbereik zowel in het beklede als in het niet-beklede gedeelte van de waterloop onderzocht te worden.

## 1. INLEIDING

Permanente stromingen in waterlopen worden meestal beschreven met de formule

van STRICKLER-MANNING:

$$Q = K_M A R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}}$$

waarin  $Q$ : ( $m^3/s$ );  
 $A$ : natte sectie ( $m^2$ );  
 $R$ : hydraulische straal ( $m$ );  
 $J$ : verhang (dimensieloos);  
 $K_M$ : ruwheidsfactor ( $m^{1/3}/s$ )  
 $n$ : ruwheidsfactor ( $s/m^{1/3}$ ).

Voor ieder geval waarin het debiet en het verhang gegeven zijn, worden de afmetingen van de watervoerende sectie bepaald door de  $K_M$  of  $n$ -waarde. Zoals gebruikelijk in de Westeuropese literatuur, en eenvoudigheidshalve, wordt verder enkel en alleen de  $K_M$ -waarde beschouwd. De  $K_M$ -waarde is een maat voor de ruwheid van het oppervlak waarmee het water in contact komt; hoe groter de  $K_M$ -waarde, hoe minder ruw het

oppervlak. Gemakkelijkshalve worden alle andere factoren die de stroming in elk concreet geval beïnvloeden, in de  $K_M$ -waarde ondergebracht, zoals bv. onregelmatigheden in de langs-, en dwarsprofielen, bochtverliezen, energieverliezen door vast materiaaltransport, enz.

Waterlopen met natuurlijk begroeide oevers vertonen een grote variatie in ruwheidsfactor; zowel de ene waterloop ten opzichte van de andere, als eenzelfde waterloop in de loop van het jaar. Naargelang de grootte van de waterloop, varieert de normale  $K_M$ -waarde van 20 tot 50. Deze variatie is te wijten aan het feit dat de oneffenheden van de bedding belangrijker worden naarmate de afmetingen van de waterloop verkleinen, en is dus analoog aan de *relatieve ruwheid* bij stroming in buisleidingen. De verandering van de  $K_M$ -waarde, tijdens het jaar, heeft te maken met de onderhoudstoestand en met het regime van de waterloop. De