

**VERGELIJKING VAN DE LITHOLOGISCHE KAARTEN
VAN DE ZEESCHELDE (BELGIË)**

Werkdocument RIKZ/AB-96.870x
december 1996

drs L.C. Otter
Universiteit Utrecht
Vakgroep Fysische Geografie

Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor Kust en Zee/ RIKZ
Middelburg

Inhoud

1. Inleiding	1
2. Gebruikte basisgegevens	2
3. Verkrijgen van de juiste kaarteenheden t.b.v. de vergelijking	3
3.1 De kaart van McLaren (1993)	3
3.2 De kaarten van Bastin (1964 en 1986)	5
4. Vergelijking van de kaarten	6
4.1 Vergelijking van de kaarten van 1964 en 1986	6
4.2 Vergelijking van de kaarten van 1986 en 1992	8
4.3 Vergelijking van de drie kaarten van 1964 tot 1992	10
4.4 Verschillen door seizoens- en getij-invloeden	12
5. Conclusie	13
5.1 Aanbevelingen voor verder onderzoek en nieuwe opnamen	14
Literatuurlijst	15

Bijlagen

Bijlage 1:

Zeeschelde

Zeeschelde. Lithologische kaart van Bastin 1964 met monsterpunten

Zeeschelde. Lithologische kaart van Bastin 1986 met monsterpunten

Zeeschelde. Diepte-zone kaart 1961

Zeeschelde. Diepte-zone kaart 1993

Zeeschelde. Lithologische kaart van 1993 gemaakt op basis van de geïnterpoleerde
slibpercentages van de monsterpunten van McLaren

Zeeschelde. Lithologische kaart van 1964 van Bastin

Zeeschelde. Lithologische kaart van 1986 van Bastin

Zeeschelde. Verschil in lithologie tussen 1964 en 1986

Zeeschelde. Verschil in lithologie tussen 1986 en 1993

Bijlage 2:

Bemonsteringspunten van Bastin van 1964

Bemonsteringspunten van Bastin van 1986

1. Inleiding

Het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), Rijkswaterstaat, beoordeelt ieder jaar in opdracht van Rijkswaterstaat Directie Zeeland de slibbalans van de Beneden Zeeschelde (België). De uitkomst van de balans, dat wil zeggen het slibtransport richting Nederland, is voor een belangrijk deel afhankelijk van de aannamen over de slibvoorraad in de waterbodem van de Beneden Zeeschelde (Van Maldegem, 1996). De slibvoorraden kunnen worden geschat aan de hand van karteringen en slibbemonsteringen.

Dr Bastin heeft lithologische kaarten gemaakt van de Beneden Zeeschelde in 1964 en 1986. Deze kaarten zijn gemaakt aan de hand van sonde-metingen, die geijkt zijn met behulp van bodemmonsters. In 1993 heeft Dr Bastin een controle uitgevoerd door het nemen van alleen bodemmonsters. (Bastin, 1985 en Bastin, 1993)

In een vorig onderzoek (april tot en met mei 1996) is bepaald of alleen met de gegevens van de bodemmonsters een vlakdekkende slibkaart van 1964 en 1993 met behulp van interpolatie gemaakt kon worden. Voor 1986 waren bij voorbaat al te weinig monsters voor handen voor een goede interpolatie. Uit het onderzoek is gebleken dat het niet mogelijk is om met deze methode betrouwbare slibkaarten te maken. (Otter, 1996)

Naast de bemonsteringen van Bastin waren de bodembemonsteringen van 1992 van McLaren voor handen. Door de relatief hoge dichtheid van deze bemonstering is met interpolatie een redelijke slibkaart gemaakt. (Otter, 1996)

In het onderzoek van oktober 1996 zijn de lithologische kaarten van Bastin gedigitaliseerd. Daarnaast zijn de raaien gedigitaliseerd die gevaren zijn voor de lithologische kaart van 1986. Deze raaien zijn in GIS over de lithologische kaart gelegd. Hieruit is gebleken dat het raaiennet zeer dicht is en dat lithologische eenheden op de meeste plaatsen redelijk nauwkeurig in kaart moeten zijn gebracht, mits de omzetting van de sonde-metingen naar lithologische eenheden nauwkeurig is uitgevoerd. Deze omzetting kan niet gecontroleerd worden, omdat de gegevens van de sonde-metingen ontbreken. In dit onderzoek zijn de lithologische kaarten tevens op een zeer globale wijze met elkaar vergeleken. (Otter, 1996)

In het onderzoek, waarvan dit de rapportage is, worden de twee lithologische kaarten van Bastin van 1964 en 1986 en de geïnterpoleerde kaart van de bemonstering van McLaren met elkaar vergeleken, zodat de verschillen in de tijd duidelijk worden.

De onderzoeken zijn uitgevoerd door de Vakgroep Fysische Geografie van de Universiteit Utrecht in opdracht van het Rijksinstituut voor Kust en Zee (Rijkswaterstaat)

Een beschrijving van het onderzoeksgebied, de Beneden Zeeschelde, staat in Otter (1996).

2. Gebruikte basisgegevens

De volgende basisgegevens zijn voor dit onderzoek gebruikt:

- de geïnterpoleerde slibkaart van McLaren (1993). Deze kaart is een continue kaart met slibpercentages (voor verdere beschrijving zie: Otter, 1996). Coördinatenstelsel: RD. (Zie bijlage 1.)
- lithologische kaarten van 1964 en 1986 gemaakt door dr Bastin. Deze kaarten geven de lithologie in de volgende klassen weer: zand, zand en slib, klei, slib en veen. Coördinatenstelsel: UTM zone 31. (Zie bijlage 1.)
- locatie van de bemonsteringen van Bastin 1964 (digitaal). Coördinatenstelsel: UTM zone 31.
- locatie van de bemonsteringen van Bastin 1964 (analoog). Coördinatenstelsel: Lambert
- dieptegegevens van 1961 en 1993. Continue gegevens. Coördinatenstelsel: RD.

3. Verkrijgen van de juiste kaarteenheden t.b.v. de vergelijking

Voor het vergelijken van de lithologie van 1964, 1986 en 1993, moeten eerst alle kaarten dezelfde lithologische eenheden hebben en hetzelfde coördinatenstelsel.

In de eerste plaats is de geïnterpoleerde kaart van McLaren omgezet naar eenheden die Bastin gebruikt voor de lithologische kaarten. Hiervoor is eerst bepaald wat de range van het slibpercentage is per lithologische eenheid. Dit is gedaan met de onderstaande bewerkingen. In de tweede plaats zijn de kaarten van Bastin aangepast.

3.1 De kaart van McLaren (1993)

Voor het omzetten van de kaart van McLaren zijn de volgende bewerkingen uitgevoerd:

1. digitaliseren van de monsterpunt-locaties van Bastin 1986, waarna het oorspronkelijke coördinatensysteem (Lambert) is omgezet naar UTM zone 31 met TRAFO (een Arc/Info applicatie voor het omzetten van coördinaatsystemen, Kösters, 1993).
2. voor de bodembemonsteringspunten van 1964 en 1986 is bepaald in welke lithologische eenheid ze gesitueerd zijn. Per jaar en per lithologische eenheid is van de bemonsteringspunten het gemiddelde, standaard deviatie, maximum en minimum slibpercentage berekend (zie tabel 1 en 2 en bijlage 2).

Tabel 1. Het gemiddelde, standaarddeviatie, minimum en maximum van het slibpercentage van de monsterpunten van 1964 per lithologische eenheid.

lithologische eenheid 1964	gemiddelde slibperc. (%)	standaarddeviatie (%)	minimum (%)	maximum (%)
klei	52,27	31,74	9,35	95,60
slib	54,51	27,72	9,90	96,00
zand en slib	41,07	24,71	7,00	85,10
zand	17,49	20,60	6,05	97,80
combinatie:				
klei en slib	53,33	29,74	9,35	96,00

Tabel 2. Het gemiddelde, standaarddeviatie, minimum en maximum van het slibpercentage van de monsterpunten van 1986 per lithologische eenheid.

lithologische eenheid 1986	gemiddelde slibperc. (%)	standaarddeviatie (%)	minimum (%)	maximum (%)
klei	72,65	13,11	51,10	91,95
slib	55,75	17,74	33,45	76,00
zand en slib	33,36	13,97	8,80	47,40
zand	15,31	8,29	6,15	39,70
combinatie:				
klei en slib	65,89	17,25	33,45	91,95

3. In de kaart van McLaren zijn de eenheden klei en slib zijn tot één lithologische eenheid samengenomen, om twee redenen:

- uit de bovenstaande cijfers blijkt dat tussen de eenheden klei en slib een grote overlap te bestaan met betrekking tot het slibpercentage.
 - Bastin (1993) definieert de eenheid klei als: '... bloot geërodeerde tertiaire klei of uit meer geconsolideerd recenter slib'. De eenheid slib wordt omschreven als: 'het detritische materiaal beneden de 63 micron plus al de kalk en humus'. Voor het inschatten van de slibvoorraad in de Beneden Zeeschelde kunnen deze eenheden worden samengenomen.
4. de geïnterpoleerde kaart van McLaren is omgezet naar lithologische eenheden als volgt:
- 0 tot 28 % slib wordt gekarteerd als zand
 - 28 tot 46 % slib wordt gekarteerd als zand en slib
 - 46 tot 100 % slib wordt gekarteerd als slib
- De kaart staat in bijlage 1.
5. omzetten van de McLaren-kaart met het coördinatenstelsel van RD naar het coördinatenstelsel waarin de kaarten van Bastin staan: UTM. Deze omzetting is uitgevoerd met het programma TRAFO

3.2 De kaarten van Bastin (1964 en 1986)

De kaarten van Bastin zijn tevens aangepast aan punt 3 van de vorige paragraaf. Dit betekent dat de lithologische eenheid klei en de eenheid slib zijn samengevoegd tot de eenheid slib.

Een kritische kanttekening moet worden geplaatst bij het bovenstaande tabellen 1 en 2. Uit deze tabellen blijkt dat er grote verschillen bestaan tussen de slibpercentages van de lithologische eenheden van 1964 en 1986. Het gemiddelde percentage slib voor de eenheid klei ligt in 1986 20 % hoger dan in 1964. Het slibpercentage van de eenheid slib verschilt tussen de twee jaren niet veel (minder dan 1 %), de eenheid zand verschilt ongeveer 2 % en de eenheid 'zand en slib' verschilt ongeveer 8 %. Er zijn dus enige verschillen tussen de gemiddelde slibpercentages per eenheid en per jaar. Het grootste verschil van de eenheid klei, wordt gedeeltelijk opgeheven doordat de eenheden klei en slib bij elkaar zijn genomen. De kleine verschillen in het gemiddelde van het slibpercentage van de eenheden zand en 'zand en slib' zijn waarschijnlijk de oorzaak van natuurlijke variatie.

Niet alleen de gemiddelden verschillen tussen 1964 en 1986, maar ook de standaard deviatie verschilt. De standaard deviatie voor de eenheden van 1964 zeer groot is, voor alle eenheden meer dan 20, en voor 1986 is de deviatie voor alle eenheden kleiner dan 20. Dit grote verschil is waarschijnlijk het gevolg van het verschil in de aantallen monsterpunten. Meerdere punten veroorzaken een grotere standaard deviatie.

Bij de vergelijking van de twee kaarten van Bastin hebben deze verschillen geen invloed, maar bij de vergelijking van de Bastin-kaarten met de kaart van McLaren hebben de verschillen wel invloed. De kaart van McLaren is immers ingedeeld op basis van de cijfers in de tabellen 1 en 2, als deze indeling niet goed is, dan zal de onderlinge vergelijking minder nauwkeurig zijn.

4. Vergelijking van de kaarten

De drie kaarten zijn op drie verschillende wijzen met elkaar vergeleken. In de eerste plaats zijn de kaarten van 1964 en 1986 van Bastin met elkaar vergeleken. Deze kaarten zijn met dezelfde methode gekarteerd, zodat geen rekening hoeft te worden gehouden met introductie van fouten door eventuele omzettingen. De resultaten van deze vergelijking geven de veranderingen aan van 1964 tot 1986.

In de tweede plaats zijn de kaarten van 1986 (Bastin) en 1992 (McLaren) met elkaar vergeleken. De resultaten van deze vergelijking geven de veranderingen aan van 1986 tot 1992, hierbij moet echter worden bedacht dat er fouten kunnen zijn geïntroduceerd door de interpolatie en de omzetting van de gegevens van McLaren.

In de laatste plaats zijn de drie kaarten met elkaar vergeleken, zodat de verandering vanaf 1964 zichtbaar kan worden gemaakt. Hierbij moet echter ook rekening worden gehouden met mogelijke geïntroduceerde fouten bij de kaart van McLaren.

Alle vergelijkingen zijn uitgevoerd met behulp van GIS (Arc/Info).

4.1 Vergelijking van de kaarten van 1964 en 1986

De kaarten van 1964 en 1986 van Bastin zijn voor de vergelijking over elkaar heen gelegd en gecombineerd met 'overlay'. In de resulterende kaart staan alleen de gebieden die in beide jaren gekarteerd zijn. Deze kaart (zie bijlage 1) is zo ingedeeld dat de volgende type gebieden worden aangegeven:

1. het totale overlappende gebied
2. de gebieden die in 1964 en 1986 dezelfde lithologische eenheden hebben
3. de gebieden waarvan de lithologische eenheid is veranderd in de loop van de tijd. Deze gebieden zijn als volgt ingedeeld:
 - sterke verzanding: dit betekent een overgang van de eenheid klei naar de eenheid zand
 - matige verzanding: dit betekent een overgang van de eenheid slib naar de eenheid 'zand met slib' of een overgang van de eenheid 'zand met slib' naar de eenheid zand
 - matige slib aanrijking: dit betekent een overgang van de eenheid zand naar de eenheid 'zand met slib' of een overgang van de eenheid 'zand met slib' naar de eenheid slib
 - sterke slib aanrijking: dit betekent een overgang van de eenheid zand naar de eenheid slib

In tabel 3 staan de totale oppervlakten van de lithologische eenheden in ha en procenten ten opzichte van het geanalyseerde oppervlak. Uit deze tabel blijkt dat het totale oppervlakte van de eenheid zand is toegenomen met 105 ha (6%). Deze toename gaat ten koste van de totale oppervlakte van de eenheid slib. De eenheid slib is met 113 ha (7%) in oppervlakte afgenomen.

Tabel 4 geeft de verandering in lithologische eenheden aan. Uit deze tabel kan worden geconcludeerd dat van het oppervlak dat geklassificeerd is als zand in 1964, 66% in 1986 nog steeds als zand is geclassificeerd. 34% van het zandoppervlak van 1964 is veranderd van

lithologische eenheid. Het grootste deel hiervan is 'zand met slib' geworden en een klein deel is slib geworden.

Van de eenheid 'zand en slib' in 1964 is maar 26% in 1986 als dezelfde lithologische eenheid gekarteerd. Totaal 73% van deze eenheid is in de jaren tussen 1964 en 1986 veranderd in een andere eenheid.

Van het oppervlak van de lithologische eenheid slib van 1964 is 64% nog steeds als slib gekarteerd. 19% van het oppervlak is als zand gekarteerd en 16% is als 'zand en slib' gekarteerd in 1986.

Uit het bovenstaande kan worden geconcludeerd dat de twee eenheden zand en slib voor een groot deel ($\pm 65\%$) op dezelfde plaats zijn blijven liggen. De eenheid 'zand en slib' is echter maar voor een klein deel (26%) op dezelfde plaats blijven liggen. De eenheid 'zand en slib' is dus sterk verlegd, maar in grootte van oppervlak niet veranderd.

Tabel 3. Oppervlakte van de eenheden van de lithologische kaarten van 1964 en 1986 (oppervlaktes alleen berekend van het overlappend gedeelte van beide kaarten)

lithologische eenheid	1964		1986	
	ha	%	ha	%
zand	540	32	645	39
zand en slib	330	20	334	20
slib	792	48	680	41
veen	0	0	3	0
totale oppervlakte	1662	100	1662	100

Tabel 4. Oppervlakten van gebieden die van lithologische eenheid zijn veranderd tussen 1964 en 1986 en de gebieden die dezelfde eenheid hebben behouden. Deze tabel kan als volgt worden gelezen: van de lithologische eenheid zand (1964) is 120 ha in het jaar 1986 overgegaan in de eenheid 'zand en slib', dit is 11 % van het totale oppervlak van de eenheid zand (1964).

naar	zand 1986		zand en slib 1986		slib en klei 1986		veen 1986		tot.oppervlakte lith.eenh 1964
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	
van									ha
zand (1964)	356	32	120	11	636	57	0	0	1112
zand en slib (1964)	136	41	85	26	107	32	2	1	330
slib en klei (1964)	153	19	129	16	509	64	1	0	792
totale oppervlakte lith.eenh 1986	645		334		1252		3		166

NB. Het totale percentage kan door afrondingen niet precies op 100 uitkomen

De kaart 'Verskil in lithologie tussen 1964 en 1986' in bijlage 1 laat zien dat het gebied in het Noorden van de Zeeschelde met name verantwoordelijk is voor de toename van het zand oppervlak. Dit is zeer waarschijnlijk te wijten aan de twee geleidedammen die zijn aangelegd

rond 1970 (v.d. Male, 1993). In de twee dieptezonekaarten (zie bijlage 1) is te zien dat de diepe geul, die voor de zuidelijke dam langs loopt in de loop van de tijd breder geworden is. Door deze verbreding zijn de klei en slib gebieden ten zuiden van de dam geërodeerd. Ook ten noorden van de dam is de geul dieper geworden en zijn klei en slib gebieden geërodeerd.

Een andere oorzaak van de verzanding kan zijn dat er buiten het onderzoeksgebied meer plaatsen zijn ontstaan waar makkelijk slib gesedimenteerd kan worden, zodat een deel van de slibvoorraad gemigreerd is van het onderzoeksgebied naar die plaatsen. Voor deze plaatsen komen de toegangsgeulen van de sluizen in aanmerking. In de periode 1964 tot 1986 zijn de volgende sluizen gebouwd: de Zandvlietsluis (1967), de Berendrechtsluis (1976) en de Kallosluis (omstreeks 1984). (v.d. Male, 1996.)

In de buitenbocht bij de Boudewijn- en Kouwelaarsluis is in de loop van de tijd een gebied met slib aanrijking ontstaan. Dit kan misschien de oorzaak zijn van een kleine verlegging van de geul naar de binnenbocht toe. (zie ook v. d. Male, 1996)

Verder zijn er kleine veranderingen, die zijn ontstaan door kleine veranderingen van de eenheden. Hierin is echter geen duidelijk patroon te herkennen.

4.2 Vergelijking van de kaarten van 1986 en 1993

De kaart van Bastin van 1986 en de geklassificeerde kaart McLaren van 1993 zijn voor de vergelijking over elkaar heen gelegd en gecombineerd, net zo als de kaarten van 1964 en 1986. In de resulterende kaart staan alleen de gebieden die in beide jaren gekarteerd zijn. De kaart 'Verschil in lithologie tussen 1986 en 1993' (zie bijlage 1) is op dezelfde manier ingedeeld als de verschil kaart van 1964 en 1986.

In tabel 5 staan de oppervlakten van de eenheden van de kaarten van 1986 en 1993. In de tabel is duidelijk te zien dat het oppervlak van de eenheid zand met 88 ha (6%) is verminderd. Het oppervlak van de eenheid 'zand en slib' is ook afgenomen in de tijd. Deze afname is 39 ha of 3%. Het oppervlak van de eenheid slib is sterk toegenomen met 118 ha of 8 %.

Een aantal kleine gebieden in de kaart van 1993 heeft geen lithologische eenheid toegekend gekregen, omdat deze gebieden na de interpolatie blanco gebleven waren. Deze gebieden zijn echter wel meegenomen in tabel 5 en 6, omdat ze geheel omsloten zijn door gekarteerd gebied.

In tabel 6 staan de oppervlakten van de gebieden die in de periode van 1986 tot 1993 een andere lithologische eenheid hebben gekregen of dezelfde lithologische eenheid hebben behouden. Van het oppervlak dat geklassificeerd is als zand in 1986 is 55 % in 1993 nog steeds als zand geclassificeerd, 25% van het zandoppervlak van 1986 is veranderd van lithologische eenheid. Het grootste deel hiervan is slib geworden en een iets kleiner deel (21 %) is 'zand en slib' geworden.

Van de eenheid 'zand en slib' in 1986 is maar 21% van het oppervlak ook in 1993 als 'zand en slib' gekarteerd. Totaal 79% van deze eenheid is in de periode tussen 1986 en 1993 van eenheid veranderd.

Van het oppervlak van de lithologische eenheid slib van 1986 is 69% in 1993 nog steeds als slib gekarteerd. 19% van het oppervlak is als zand gekarteerd en 16% is als 'zand en slib' gekarteerd in 1986.

In tabel 6 is dezelfde trend te zien als in tabel 4. Een groot deel van het oppervlak van de eenheid zand is aan het eind van de periode nog steeds gekarteerd als zand. Hetzelfde geldt voor de eenheid slib. De eenheid 'zand en slib' laat echter een ander patroon zien. Deze eenheid blijkt qua oppervlakte ongeveer gelijk, maar het gebied heeft zich sterk verlegd.

Tabel 5 Oppervlakten van de lithologische eenheden van 1986 en 1993

Lithologische eenheid	1986 (ha)	%	1993 (ha)	%
zand	611	41	523	35
zand en slib	313	21	273	18
slib	563	38	681	46
ingesloten gebieden zonder lithologische eenheid	0	0	10	1
totale oppervlakte	1487	100	1487	100

Tabel 6. Oppervlakten van gebieden die van lithologische eenheid zijn veranderd in de periode 1986 - 1993 en de gebieden die dezelfde eenheid hebben behouden. Deze tabel kan op dezelfde manier gelezen worden als tabel 4. nodata = gebieden waar geen gegevens over zijn, maar wel zijn ingeloten door gekarteerd gebied.

naar	zand (1993)		zand en slib (1993)		slib (1993)		nodata (1993)		Totale oppervlakte van de eenheden (1986)
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
van zand (1986)	334	55	129	21	146	24	2	0	611
zand en slib (1986)	97	31	66	21	149	48	1	0	313
slib (1986)	91	16	79	14	386	69	7	1	563
Totale opp. van de eenh. (1993)	522		274		681		10		1487

NB. Het totale percentage kan door afrondingen niet precies op 100 uitkomen

De resulterende kaart van de vergelijking van de jaren 1986 en 1993 staat in bijlage 1. In deze kaart zijn de vormen van de gebieden die van lithologische eenheid veranderd zijn, in veel gevallen erg hoekig. Dit komt doordat de kaart is ontstaan uit een combinatie van een polygonenkaart en een rasterkaart.

In de kaart zijn duidelijk de gebieden met slib aanrijking het meest aanwezig. Deze gebieden zijn vooral in het Noorden van de Zeeschelde en bij de Boudewijn-, Kouwelaar- en Kallosluis aanwezig. In het zuiden zijn de gebieden met verzanding overheersend.

Een groot deel van de gebieden die in het noorden een aanrijking van slib hebben gekregen zijn in de periode van 1964 tot 1986 juist zandiger geworden. De slib aanrijking in de omgeving van de Boudewijn- en Kouwelaarsluis is een voortgaande trend, die ook al in de periode van 1964 tot 1986 zich voordeed.

4.3 Vergelijking van de drie kaarten van 1964 tot 1993

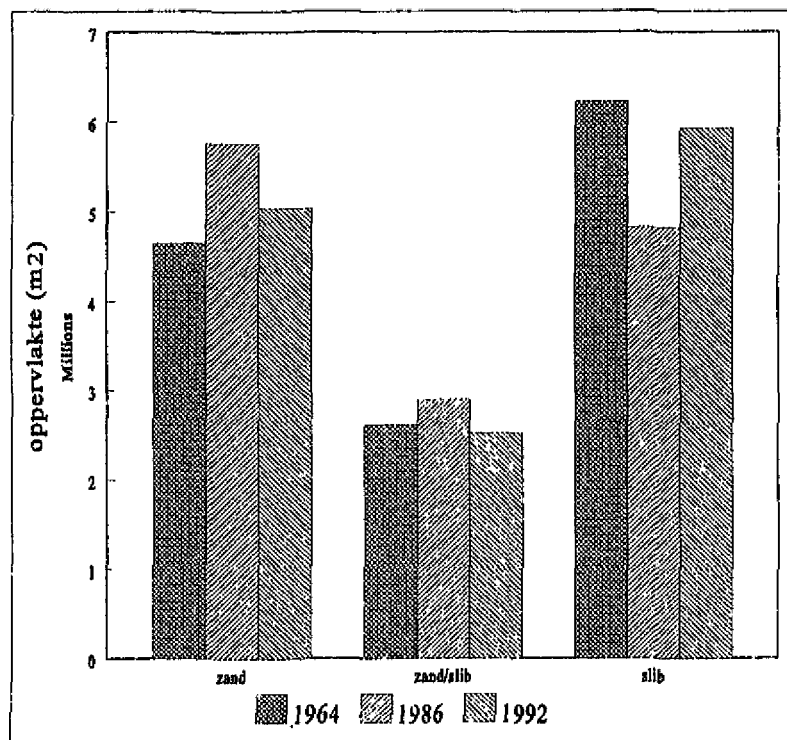
Voor de vergelijking van de drie kaarten van 1964 tot 1993 is dezelfde overlay techniek toegepast als bij de vorige vergelijkingen. Voor deze vergelijking is echter geen verschil-kaart gemaakt.

In tabel 7 en figuur 1 zijn de oppervlakten van de lithologische eenheden naast elkaar gezet. In de tabel en het figuur is goed te zien dat de verzanding van de eerste periode niet is door gezet in de tweede periode. In de tweede periode is het zandoppervlak weer afgenomen. Het oppervlak met de eenheid 'zand en slib' is in de loop van de tijd ongeveer gelijk gebleven. Het percentage van dit oppervlak ten opzichte van het totaal geanalyseerde oppervlak blijft ongeveer 20 %. Het oppervlak met de eenheid slib veranderd even grillig als het oppervlak met de eenheid zand, alleen tegengesteld. In de eerste periode is het oppervlak met slib gedaald en in de tweede periode is het oppervlak weer sterk gestegen, bijna tot het oude niveau. Het valt op dat de oppervlakken van de eenheden zand en slib dezelfde orde van grootte hebben, ongeveer rond de 40 % van het totale oppervlak.

Tabel 7. De oppervlakten van eenheden van de jaren 1964, 1986 en 1992

jaar	zand		zand/slib		slib		veen		totaal
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha
1964	465	34	261	19	622	46		0	1348
1986	576	43	290	22	482	36	1	0	1348
1992	503	37	252	19	593	44		0	1348

% = het percentage van het totaal geanalyseerde oppervlak 1348 ha



Figuur 1. Het verloop van de oppervlakten van de lithologische eenheden van 1964, 1986 en 1993 van de Zeeschelde.

4.4 Verschillen door seizoen- en getij-invloeden

Sedimentatie en erosie van sediment in een rivier hangen sterk af van verschillende factoren. De belangrijkste factoren zijn het eroderende vermogen van de rivier, m.a.w. de stroomsnelheid en de aanwezigheid van sediment in het rivierwater. Deze factoren verschillen per seizoen en per getijperiode. Bijvoorbeeld bij hoge rivierafvoer in het najaar door veel regenval zal het rivierbed worden geërodeerd en bij lage rivierafvoer in de zomer zal sediment worden afgezet. Voor de getij-invloeden geldt hetzelfde: bij sterke stroming door opkomen van vloed of het inzetten van de eb zal erosie plaatsvinden en bij de kentering van het tij zal sedimentatie plaatsvinden.

Bij kartering van sediment van de rivierbodem moet dus rekening worden gehouden met de bovenstaande seizoen- en getijinvloeden. Maar ook bij de vergelijking van kaarten moet met deze factoren rekening worden gehouden.

Van de kaarten van de lithologische kaarten van Bastin en McLaren is het volgende bekend met betrekking tot seizoen- en getij-invloeden:

- Van de lithologische kaart van Bastin van 1964 is niet bekend wanneer de opnamen zijn gemaakt die als basis dienen voor de kaart.
- De lithologische kaart van Bastin van 1986 is gemaakt op basis van opnamen van maart 1986 tot maart 1987. Hierbij zijn tussen april en oktober 1986 geen opnamen gemaakt wegens een draadbreuk. Niet van alle opnames is bekend in welke getijperiode ze zijn gemaakt, maar een aantal zijn gemaakt tijdens vloed en een aantal zijn gemaakt tijdens eb. In één kaart zijn dus gegevens opgenomen van het voorjaar van 1986 en het najaar en de winter van 1986-1987. Daarnaast zijn door elkaar gegevens van eb en vloed gebruikt. (Bastin, 1985)
- De bemonsteringen die de basis zijn van de kaart van McLaren van 1993 zijn genomen in augustus en september 1993. Helaas is het niet bekend in welke getijperiode de bemonsteringen zijn gedaan. (McLaren, 1994)

Rekening houdend met alle verschillende invloeden van seizoen en getijwerking, zijn de drie bovengenoemde kaarten moeilijk te vergelijken. Het kan zijn dat de verschillen, die zijn gevonden in de vorige paragrafen, niet alleen het gevolg zijn van de jaarlijkse verschillen, maar ook het gevolg zijn van seizoen- en getij-invloeden. Aangezien niet bekend is wat precies de invloeden zijn van de seizoen- en getij-invloeden kunnen deze invloeden niet worden geëlimineerd uit de vergelijking.

Een precieze vergelijking is alleen mogelijk als er meer informatie is over de getij- en seizoen-invloeden of als de basisgegevens tijdens hetzelfde seizoen en getij zijn verzameld.

5. Conclusie

De twee lithologische kaarten van Bastin van 1964 en 1986 zijn met elkaar vergeleken en met de lithologische kaart die gemaakt is op basis van de slibbemonsteringen van McLaren 1993. Uit deze vergelijkingen zijn de volgende resultaten naar voren gekomen:

De periode 1964 - 1986:

Het oppervlak van de eenheid zand is toegenomen met 105 ha. Deze toename gaat ten koste van het oppervlak van de eenheid slib, die met 113 ha is oppervlakte afgenomen.

De twee eenheden zand en slib zijn voor een groot deel op dezelfde plaats blijven liggen.

De eenheid 'zand en slib' is sterk verlegd, maar in grootte van oppervlak niet veranderd.

De verandering in deze periode kan de volgende oorzaken hebben:

- aanleg van twee geleidedammen in ongeveer 1970, waardoor de geul is verlegd en er erosie van de slibgebieden is opgetreden.
- aanleg van nieuwe plaatsen waar slib makkelijk sedimenteert, zoals de nieuwe sluisdoorgangsgeulen. Waardoor de slibvoorraad migreert van het onderzoeksgebied naar die plaatsen, die buiten het onderzoeksgebied liggen.

De periode 1986 - 1993:

Het oppervlak van de eenheid zand is met 88 ha is verminderd. Het oppervlak van de eenheid 'zand en slib' is tevens afgenomen, maar in een veel kleinere mate (39 ha). Het oppervlak van de eenheid slib is sterk toegenomen met 118 ha.

Net als in de vorige periode zijn de twee eenheden zand en slib voor een groot deel op dezelfde plaats blijven liggen en is de eenheid 'zand en slib' sterk verplaatst.

De gebieden met slib aanrijking liggen voornamelijk in het Noorden van de Zeeschelde en bij de Boudewijn-, Kouwelaar- en Kallosluis aanwezig. In het zuiden zijn de gebieden met verzanding overheersend.

Een groot deel van de gebieden die in het Noorden een aanrijking van slib hebben gekregen zijn in de periode vorige juist zandiger geworden. De slib aanrijking in de omgeving van de Boudewijn- en Kouwelaarsluis is een voortgaande trend, die ook al in de periode van 1964 tot 1986 zich voordeed.

Periode 1964 - 1986 - 1993

De verzanding van de eerste periode niet is door gezet in de tweede periode. In de tweede periode is het zandoppervlak weer afgenomen. De oppervlakken van de eenheden zand en slib zijn in de gehele periode van ongeveer dezelfde orde van grootte, ongeveer rond de 40% van het totale oppervlak. Het oppervlak met de eenheid 'zand en slib' is in de loop van de tijd bijna gelijk gebleven.

Seizoenen en getijden kunnen grote invloed hebben op de hoeveelheid aanwezige slib. Voor een goede vergelijking van slibgegevens zouden de gegevens verzameld moeten worden tijdens hetzelfde seizoen en getijperiode. De drie lithologische kaarten zijn gemaakt op basis van gegevens die zijn verzameld tijdens verschillende getijperiodes en seizoenen. De bovenstaande conclusies kunnen dus vertekend zijn door getij- en seizoens-invloeden. Een precieze vergelijking is alleen mogelijk als er meer informatie is over de getij- en seizoens-invloeden of als de basisgegevens tijdens hetzelfde seizoen en getij zijn verzameld.

5.1 Aanbevelingen voor verder onderzoek en nieuwe opnamen

Op basis van de voorgaande onderzoeken en het bovenstaande onderzoek kunnen de volgende aanbevelingen worden gedaan met betrekking tot verder onderzoek en nieuwe opnamen ten behoeven van slibkarteringen in de Zeeschelde:

- Het slibpercentage van de bodem van de zeeschelde is zeer grillig (Bastin, 1993). Hierom is het moeilijk om te controleren of een puntbemonstering representatief is voor het gebied dat rondom het monsterpunt ligt. Om deze reden en omdat raaigegevens meer informatie geven dan puntgegevens is het beter om een kartering te doen op basis van raaigegevens. Deze raaigegevens kunnen worden verzameld met een sonde, die over de rivierbodem wordt getrokken (Bastin, 1985 en 1993). De sonde-metingen moeten echter wel zeer goed geijkt worden met behulp van bodemonsters.
- De resultaten van de raaimetingen kunnen worden geïnterpoleerd met de hand en met behulp van het programma DIGIPOL (een programma dat speciaal ontwikkeld is voor het interpoleren van raaigegevens). Beide kaarten kunnen zinvol zijn en met elkaar vergeleken worden.
- De rapportage van de kartering zou naast de informatie over de ijkmonsters, ook de resultaten van de sonde-metingen zelf en de methode van ijken moeten bevatten.
- Met een nieuwe kartering moet echter goed rekening worden gehouden met de variaties in slibhoeveelheden als gevolg van seizoens- en getij-invloeden. Het is aan te bevelen om eerst hiernaar onderzoek te doen voordat een nieuwe kartering wordt uitgevoerd.

Literatuurlijst

Bastin, A.L., 1985. Schelde Lithologische kaart 1986 - 1987. Ministerie van Openbare werken. Bestuur der waterwegen. Antwerpse zeediensten.

Bastin, A.L., 1993. Evaluatie van de hoeveelheid slib in de Beneden Zeeschelde. Evaluatie tussen 1964 en 1986. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. Departement Leefmilieu en infrastructuur administratie waterinfrastructuur en zeezeven. Antwerpse Zeehavendienst.

Kösters, A. J. M., 1993. C-functie bibliotheek coördinaattransformaties. Gebruikershandleiding voor toepassing in Arc/Info. Meetkundige Dienst, RWS, Delft.

Maldegem, D.C. van, 1996. Werkdocument. Offerte-aanvraag RU/FysGeo-slib 1996 concept. RIKZ, Middelburg.

Male, van de, K., 1993. De morfologische veranderingen op de Zeeschelde 1961 - 1992. Werkdocument RIKZ/ ABD 96.837x. Rijkswaterstaat RIKZ, Middelburg.

McLaren, P., 1994. Sediment transport in the Westerschelde between Baarland and Ruppelmonde. Rijkswaterstaat Rijksinstituut voor Kust en Zee. GeoSea Consulting (UK) ltd. Cambridge, Groot Britannië.

Otter, L. C., 1996. Interpolatie en vergelijking van slibgegevens van de Zeeschelde (België) en de bijlage: de lithologische kaarten van de Zeeschelde (België) van 1964 en 1986. Werkdocument: RIKZ/AB-96.836x. Universiteit Utrecht Vakgroep Fysische Geografie en Rijkswaterstaat RIKZ, Middelburg.

BIJLAGE 1

Zeeschelde

Schaal: 1 : 75.000



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee

drs. L. Otter

geleidedam

Zandvlietsluis

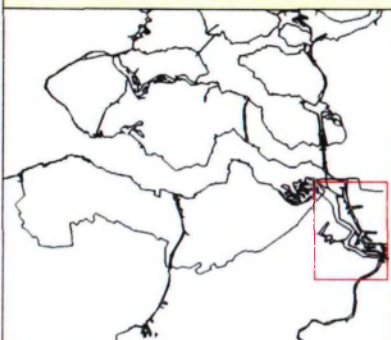
Berendrechtsluis

geleidedam

Boudewijnsluis

Kallosluis

Kouwelaarsluis



Zeeschelde

Diepte-zone kaart 1961

Legenda:

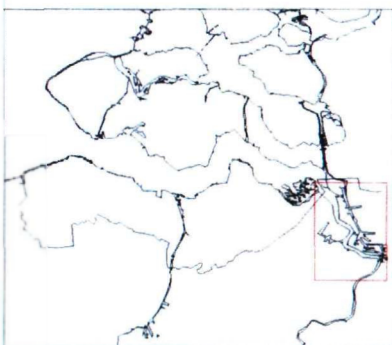
-  Boven N.A.P. +1 m
-  +1 m tot N.A.P.
-  N.A.P. tot 1 m.
-  1 tot 2.5 m
-  2.5 tot 5 m
-  5 tot 7.5 m
-  7.5 tot 10 m
-  10 tot 15 m
-  15 tot 20 m
-  Dieper dan 20 m
-  Niet gekarteerd
-  dijken ed.

Schaal: 1 : 75.000

0 km 1 2 3
drs. L. Otter



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



Zeeschelde

Diepte-zone kaart 1992

Legenda:

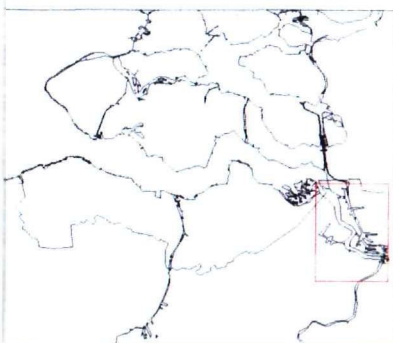
-  Boven N.A.P. +1 m
-  +1 m tot N.A.P.
-  N.A.P. tot 1 m.
-  1 tot 2.5 m
-  2.5 tot 5 m
-  5 tot 7.5 m
-  7.5 tot 10 m
-  10 tot 15 m
-  15 tot 20 m
-  Dieper dan 20 m
-  Niet gekarteerd
-  dijken e.d.

Schaal: 1 : 75.000

0 km 1 2 3
drs. L. Otter



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



Zeeschelde

Lithologische kaart van Bastin 1964
met monsterpunten

Legenda:

-  zand
-  zand en slib
-  klei
-  slib
-  gegevens ontbreken
-  dijken a.d.
-  monsterpunt

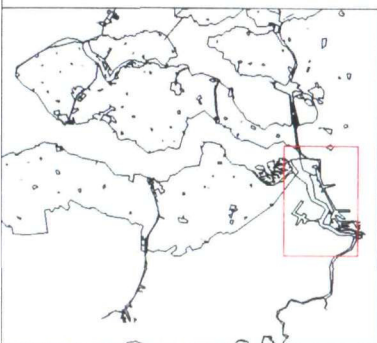
Schaal: 1 : 75.000

0 km 1 2 3

drs. L. Otter



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



Zeeschelde

Lithologische kaart van Bastin 1986

met monsterpunten

Legenda:

-  zand
-  zand en slib
-  klei tot vast slib
-  los slib
-  veen (turf)
-  gegevens ontbreken
-  dijken e.d.
-  monsterpunt

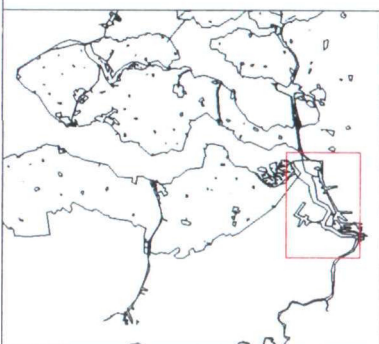
Schaal: 1 : 75.000

0 km 1 2 3

drs. L. Otter



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



Zeeschelde

Lithologische kaart van 1993

gemaakt op basis van de geïnterpoleerde
slibpercentages van de monsterpunten van McLaren

Legenda:

-  zand (0 - 28% slib)
-  zand en slib (28 - 46% slib)
-  slib (46 - 100% slib)
-  niet gekarteerd gebied of buiten geul
-  dijken e.d.

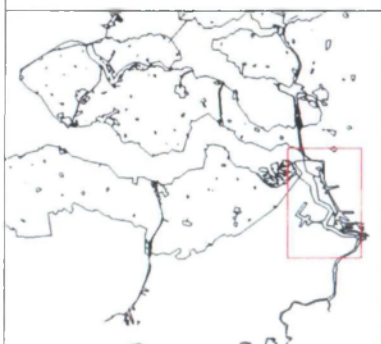
Schaal: 1 : 80.000

0 km 1 2 3

drs. L. Otter



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



Zeeschelde

Lithologische kaart van 1964 van Bastin

Legenda:

-  zand
-  zand en slib
-  klei
-  slib
-  gegevens ontbreken
-  dijken e.d.

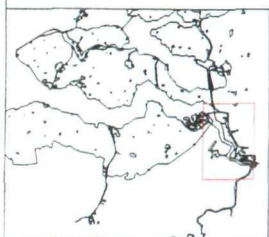
Schaal: 1 : 50.000

0 km 0.5 1 1.5

drs. L. Otter



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



Zeeschelde

Lithologische kaart van 1986 van Bastin

Legenda:

-  zand
-  zand en slib
-  klei tot vast slib
-  los slib
-  veen (turf)
-  gegevens ontbreken
-  dijken a.d.

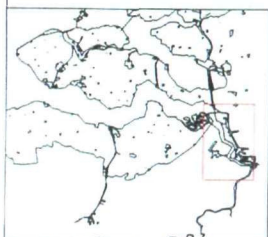
Schaal: 1 : 50.000

0 km 0.5 1 1.5

dra. L. Otter



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



Zeeschelde

Vershil in lithologie tussen 1964 en 1986

Legenda:

-  sterke verzanding
-  matige verzanding
-  geen verandering
-  matige slib aanrijking
-  sterke slib aanrijking
-  buiten gekarteerd gebied
-  dijken ad.

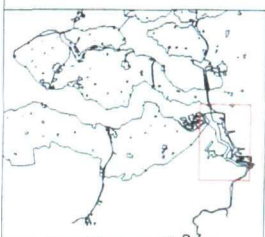
Schaal: 1 : 50.000

0 km 0.5 1 1.5

drs. L. Oltar



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



Zeeschelde

Vershil in lithologie tussen 1986 en 1993

Legenda:

-  sterke verzanding
-  matige verzanding
-  geen verandering
-  matige slib aanrijking
-  sterke slib aanrijking
-  buiten gekarteerd gebied
-  dijken e.d.

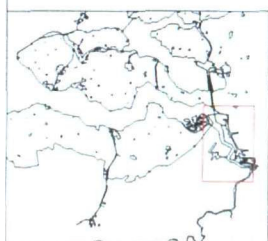
Schaal: 1 : 50.000

0 km 0.5 1 1.5

drs. L. Otter



Rijkswaterstaat
Rijksinstituut voor
Kust en Zee



BIJLAGE 2

Bemonsteringspunten Bastin 1964

	eenheid	id-nummer	caco	> 62u	< 62m	< 62 + caco			
57	bg	852	3.5	38.55	57.65	61.15			
62	bg	859	10	19.95	69.7	79.7			
26	bg	65	3.5	44.15	51.95	55.45			
70	bg	932	6.25	25.75	67.7	73.95			
33	k	125	2.75	89.9	6.6	9.35			
50	k	767	4.5	90.1	4.95	9.45			
36	k	135	3.75	88.75	7.25	11			
37	k	139	5	87.75	6.55	11.55			
35	k	132	3.5	88.1	8.4	11.9			
9	k	s	13	4.75	86.3	8.45	13.2		
17	k	23	7.5	83.4	8.9	16.4			
95	k	1402	12	31.05	5.5	17.5			
38	k	186	7.75	81.3	10.9	18.65			
60	k	857	5.5	76.35	17.95	23.45			
6	k	10	5.5	65.75	28.6	34.1			
11	k	16	8.25	60.4	31.05	39.3			
88	k	1235	9.5	56.3	34.05	43.55			
81	k	1107	6.5	52.75	40.65	47.15			
98	k	1467	6.5	37.25	55.5	62			
75	k	1034	7.25	31.35	60.4	67.65			
54	k	775	9	29.8	60.65	69.65			
52	k	771	11.5	29.05	58.5	70			
34	k	129	64.74	88.15	6.95	71.69			
47	k	518	10	24.75	64.65	74.65			
46	k	392	5	23.65	71.3	76.3			
112	k	1685	0.75	22.1	76.25	77			
100	k	1514	8.5	20	71.2	79.7			
78	k	1070	10.5	11.35	77.9	88.4			
55	k	776	16.5	6.4	76.85	93.35			
61	k	zs	858	13	6.35	80.6	93.6		
94	k	1401	45	5.35	49.65	94.65			
45	k	389	9	4.8	86	95			
40	k	231	4.75	4.4	90.85	95.6			
48	s	700	12	9.85	78	90			
99	s	1493	7.5	41.5	50.5	58			
101	s	1517	9	64.05	26.75	35.75			
67	s	896	7.5	46.9	45.05	52.55			
66	s	889	5.5	70.45	23.45	28.95			
91	s	1280	36.75	52.7	10.45	47.2			
76	s	1054	13.25	22.7	63.7	76.95			
73	s	981	9.5	40.35	49.45	58.95			
68	s	899	7	48.8	43.9	50.9			
56	s	777	14	9.05	76.45	90.45			

15	s	k	20	11	20.45	68.3	79.3			
13	s		18	7	83.2	9.55	16.55			
28	s		70	5	75.9	18.55	23.55			
7	s		11	6	84.05	9.4	15.4			
4	s		7	12	14.55	73.4	85.4			
27	s		66	7.5	29.5	62.1	69.6			
3	s		6	11.5	39.05	49.25	60.75			
8	s		12	6.5	67.05	26.4	32.9			
10	s		15	4	88.55	7.4	11.4			
5	s		8	12.5	7.7	79.45	91.95			
12	s		17	6.5	38.75	54.35	60.85			
14	s		19	10.5	22.1	67.2	77.7			
32	s		118	8.5	20.45	70.9	79.4			
39	s		193	10.13	3.95	85.88	96			
16	s		21	4.5	89.9	5.4	9.9			
22	s		45	1.75	82.7	15.1	16.85	std	min	max
	slib en klei						53,3270909	29,7870725	9,35	96
	s				gem	54,5076923	27,7219286	9,9	96	
87	z		1209	1.75	93.5	4.4	6.15			
85	z		1190	2.25	90.65	6.75	9			
86	z		1203	1.5	91.6	6.35	7.85			
80	z		1086	2	2.2	95.8	97.8			
79	z		1079	3.5	88.15	7.75	11.25			
97	z		1465	3	91.05	5.8	8.8			
107	z		1581	11	60.2	28.65	39.65			
104	z		1522	4	93.5	2.05	6.05			
111	z		1626	4.75	90.1	5.05	9.8			
108	z		1585	4	88.65	7.15	11.15			
92	z		1285	6	90.2	2.7	8.7			
105	z		1523	3.25	91.35	5	8.25			
93	z		1389	5.5	89.15	5.05	10.55			
102	z		1520	3.5	93.15	2.65	6.15			
96	z		1442	3	90.95	5.7	8.7			
77	z		1069	6.75	81.5	11.35	18.1			
44	z		368	3	85.7	11.25	14.25			
41	z		234	3.5	90.45	5.9	9.4			
51	z		768	10	36.5	53.4	63.4			
58	z		855	3	90.4	6.3	9.3			
23	z		49	0.5	19.55	7.95	8.45			
49	z		724	4.25	87.25	7.8	12.05			
25	z		59	4.25	55.08	7.7	11.95			
24	z		58	8	88.2	3.6	11.6			
74	z		1024	3.75	92.55	3.05	6.8			
42	z		258	5	59.5	34.7	39.7	std	min	max
	z				gem	17.494231	20.597864	6.05	97.8	
30	zs		108	7.5	25.2	65.85	73.35			
2	zs	k	5	2	92.65	5	7			

29	zs		71	4	91.15	4.65	8.65			
109	zs		1591	14.5	18.2	67.15	81.65			
110	zs	k	1615	0.5	14.1	84.6	85.1			
103	zs		1521	13.5	80.6	5.5	19			
31	zs		109	3.25	86.65	10.05	13.3			
63	zs		873	7.5	44.6	47.5	55			
106	zs		1534	8	42.85	48.9	56.9			
53	zs		774	6	77.4	15.7	15.7			
18	zs		24	6.5	87	6.45	12.95			
59	zs		856	12.75	30.55	56.6	69.35			
71	zs		940	7.5	66.2	26.1	33.6			
20	zs		37	4.25	86	9.15	13.4			
19	zs		30	6.38	28.43	64.68	71.06			
72	zs		970	9.5	28.2	61.4	70.9			
82	zs		1119	9.5	64.45	25.9	35.4			
83	zs		1176	9.5	48.25	41.6	51.1			
84	zs		1179	8	52.45	39.4	47.4			
43	zs		340	5	51.4	43.5	48.5			
64	zs	k	883	9.5	39.7	50.1	59.6			
69	zs		901	11	46.25	42.35	53.35			
21	zs		38	2.75	90.6	6.5	9.25			
89	zs		1253	6	64.05	29.9	35.9			
90	zs		1256	4.75	80.25	14.6	19.35			
65	zs		884	7	50.25	42.4	49.4			
1	zs		1	4.75	86.9	8.1	12.85	std	min	max
	zs				gem	41.074444	24.710034	7		85.1

	gem	std	min	max
k	52.268621	31.741365	9.35	95.6
s	54.507692	27.721929	9.9	96
z	17.494231	20.597864	6.05	97.8
zs	41.074444	24.710034	7	85.1

Bemonsteringspunten Bastin 1986

			caco	> 62	< 62	50%	caco + < 62			
bg	k	10	7.25	31.55	60.4		67.65			
k		14	6.75	17.2	75.5		82.25			
k		41	5	23.65	71.3		76.3			
k	s	37	10	36.5	53.4		63.4			
k		6	9.5	28.2	61.4		70.9			
k		15	9.5	40.25	41.6		51.1			
k		59	12.5	7.7	79.45		91.95			
s	k	29	11.5	29.05	58.5		70			
s		48	9.25	24.8	66.75		76			
s		3	9.5	56.3	34.05	131	43.55			
s	zs	8	15.5	76.35	17.95	175	33.45			
s							65,89	17,2502725	33,45	91,95
en										
k										
z		33	4.25	87.25	7.8	136	12.05			
z		5	4.25	88.05	7.7	137	11.95			
z		39	3	85.7	11.25	130	14.25			
z		4	1.5	91.6	6.35	163	7.85			
z	zs	34	4.25	87.25	7.8	136	12,05			
z		11	6.75	81.5	11.35	130	18.1			
z		52	5	59.5	34.7	118	39.7			
z		2	1.75	93.5	4.4	163	6.15			
z		56	7.75	81.3	10.9		18.65			
z		7	13.5	80.6	5.5	149	19			
z		62	4.75	86.9	8.1	118	12.85			
z		45	4	88.65	7.15	136	11.15			
z							15,3125	8,28658869	6.15	39,7
zs		1	36.75	52.7	10.45	152	47,2			
zs		43	3	91.05	5.8	147	8.8			
zs		32	6	77.4	15.7	137	21.7			
zs		16	8	52.45	39.4	126	47.4			
zs		13	9.5	64.45	25.9	140	35.4			
zs	s/k	21	11	60.2	28.65	128	59,65	39.65		
zs							33.358333	13.97344	8.8	47.4

	eenheid	gem	std	min	max
	k	72.65	13.108521	51.1	91.95
	s	55.75	17.742992	33.45	76
	z	15.3125	8.2865887	6.15	39.7
	zs	33.358333	13.97344	8.8	47.4