

Opdrachtgever:

Rijkswaterstaat RIZA

Morfologische Module BOS Baggeren fase 2

Kees Sloff en Marcel Ververs (WL | Delft Hydraulics)

Jos Boelens en Diederik Waardenburg (Resource Analysis)

Arjan Sieben (Rijkswaterstaat RIZA)

rapport

november 2002



Inhoud

1	Inleiding	1-1
2	Technische beschrijving.....	2-1
2.1	Inleiding	2-1
2.2	Definitie ‘bodemplugging’-typen.....	2-2
2.3	Voorspellers voor langzame en snelle veranderingen	2-7
2.4	Berekeningen in het BOS Baggeren.....	2-9
2.4.1	Voorspelling per week	2-9
2.4.2	Toetsing aan de norm	2-12
3	Berekeningen in BOS Baggeren	3-1
3.1	GIS berekeningen bij toevoegen peiling	3-1
3.1.1	Inleiding.....	3-1
3.1.2	Berekeningen.....	3-1
3.1.3	Gebruikte gegevens	3-1
3.1.4	Opslaan van resultaten	3-2
3.2	Berekeningen in ActiveX Morfologie	3-2
4	Presentatie van de resultaten	4-1
4.1	Inleiding	4-1
4.2	Strategie profielbaggeren.....	4-1
4.3	Strategie knelpuntbaggeren	4-3
4.4	Popup window met detail informatie	4-3
5	Conclusies en aanbevelingen.....	5-1
	Literatuur.....	Lit.-1

Bijlagen

A	Voorbeeldberekening	A-1
----------	----------------------------------	------------

I Inleiding

Voor de beslissingen omtrent het onderhoudsbaggerwerk in de Waal is in de afgelopen jaren het systeem 'BOS Baggeren' ontwikkeld. Op dit moment (eind 2002) is het systeem in hoofdlijnen gereed, en staan in essentie alleen nog uitbreidingen van het systeem op stapel voor morfologische voorspellingen en voor kosten en baten analyse. Deze rapportage heeft betrekking op de tweede fase van de betreffende uitbreiding met een morfologische voorspellingsmodule. Het gaat daarbij om implementatie van de module, uitgaande van de resultaten van Fase 1 (opzet en ontwerp van de module op basis van resultaten van de parallelstudies en een werksessie, Sloff, 2001).

Voor het uitvoeren van de werkzaamheden, gezamenlijk door WL | Delft Hydraulics en Resource Analysis, is door Rijkswaterstaat RIZA opdracht verleend zoals vastgelegd in RIZA-overeenkomst RI-3737 op 4 juli 2002. Het project werd vanuit WL | Delft Hydraulics geleid door dr.ir. C.J. Sloff, en vanuit Rijkswaterstaat door dr. ir. A. Sieben.

Het project is gezamenlijk uitgevoerd door:

- Kees Sloff en Marcel Ververs van WL | Delft Hydraulics;
- Jos Boelens en Diederik Waardenburg van Resource Analysis;
- Arjan Sieben van Rijkswaterstaat RIZA.

Doelstelling

Het BOS Baggeren voor de Waal dient ondersteuning te bieden bij beslissingen ten aanzien van vragen omtrent de hoeveelheid die gebaggerd moet worden en kan worden gestort, de locaties waar moet worden gebaggerd en gestort, en het moment waarop het werk moet worden uitgevoerd. De morfologische module in het BOS Baggeren heeft tot doel om, tezamen met de reeds gerealiseerde functionaliteit van het BOS, met behulp van morfologische voorspellingen antwoorden te geven op deze vragen, en daarmee te helpen bij het maken van efficiënte baggerstrategieën.

Fase 2 van de bouw van een morfologische module heeft tot doel het rekenhart en de presentatie via de User Interface te implementeren, en deze te toetsen.

2 Technische beschrijving

2.1 Inleiding

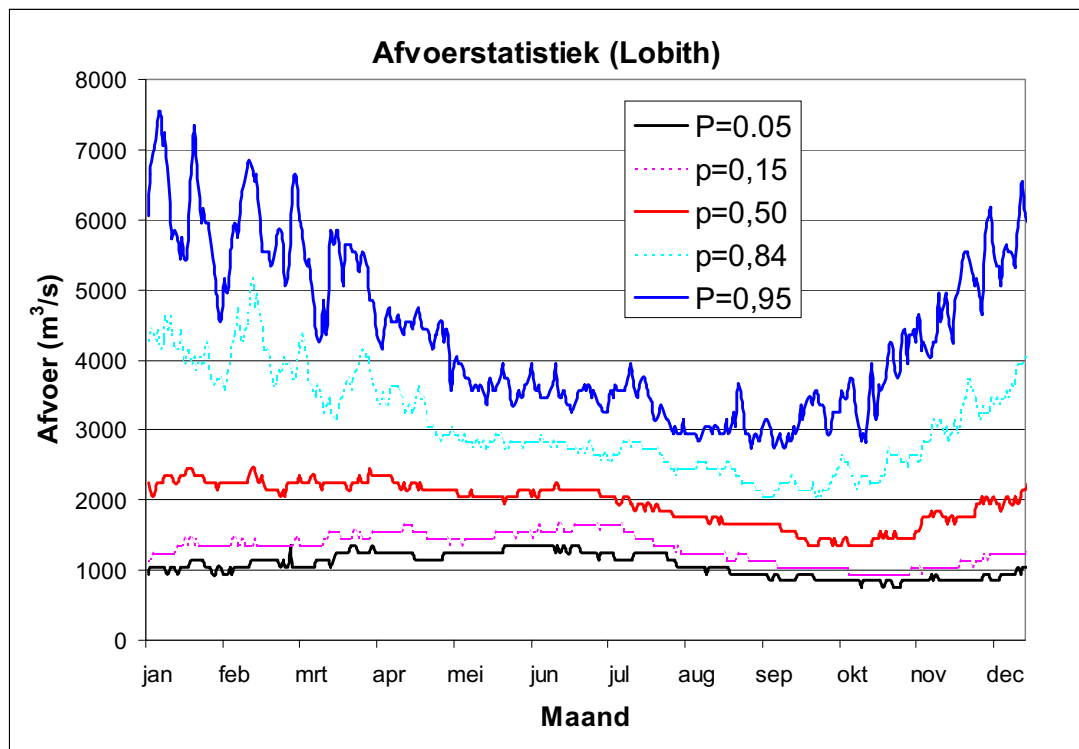
In onderstaande tabel zijn de typen voorspellingen samengevat die moeten worden uitgevoerd door de morfologie module. Onderscheid kan worden gemaakt voorspellingen voor langzame morfologische veranderingen (bodempligging gemiddeld per halve morfologische eenheid) en voor snelle morfologische veranderingen (duinen).

Tabel 1 Type voorspellingen (tabel A1 uit functioneel ontwerp)

Type verandering	Afvoer		Actueel	Periode 2 weken	Periode middellang (6 weken)	Lange termijn (tot nov.)
Langzaam	Gemiddeld statistiek	Zonder baggeren			x	x
		Met baggeren			x	x
		Baggeren en stort			x	x
	95% statistiek	Zonder baggeren			x	x
		Met baggeren			x	x
		Baggeren en stort			x	x
	5% statistiek	Zonder baggeren			x	x
		Met baggeren			x	x
		Baggeren en stort			x	x
Snel	Actuele afvoer	Zonder Baggeren	X			
		Met Baggeren	X			
	Gemiddeld statistiek	Zonder Baggeren		x	x	x
		Met Baggeren		x	x	x
	95% statistiek	Zonder Baggeren		x	x	x
		Met Baggeren		x	x	x
	5% statistiek	Zonder Baggeren		x	x	x
		Met Baggeren		x	x	X
	Gemiddeld statistiek				x	X
	95% statistiek				x	X
	5% statistiek				x	X

Opmerkingen:

- de laatste 2 kolommen van tabel 1 bij de snelle veranderingen leveren steeds dezelfde waarde op omdat er geen effect van tijd is.
- Verschil met origineel rapport (Sloff, 2001): **alleen de afvoerstatistiek wordt gebruikt**, niet de afvoervoorspelling. De afvoerstatistiek is opgeleverd door RIZA en weergegeven in figuur 2.1 met de weekafvoeren en bijbehorende kansen te Lobith.



Figuur 2.1 Statistiek van afvoeren bij Lobith

2.2 Definitie 'bodempligging'-typen

In de morfologie module zijn een aantal verschillende varianten voor de bodempligging te onderscheiden. Het betreft de gemeten bodempligging of actuele bodempeiling, een voor de scheepvaartondieptes representatieve (tijdsafhankelijke) bodempligging, en een evenwichtsbodempligging. Gekozen is om uit te gaan van een weergave van de bodempligging t.o.v. NAP (als de referentie wordt daarom NAP gehanteerd).

Actuele bodempeiling

Van de gemeten bodempligging wordt per eenheid bepaald (met tijdstip $t=0$):

- de ruimtelijk gemiddelde waarde (hier gedefinieerd als $z(0)$);
- de standaardafwijking (hier gedefinieerd als $\sigma_{perm}(0)$);
- de maximale waarde (hier gedefinieerd als z_{max});
- het volume boven een norm (hier gedefinieerd als V_{bagger});
- het oppervlak van dit volume boven de norm (hier gedefinieerd als A_{bagger}).

Representatieve bodemligging

Voor het vaststellen van ondieptes wordt als maatgevend beschouwd de ligging van de 'duingemiddelde' bodem met daar bovenop de beddingvormen. De representatieve bodemligging van een eenheid wordt daarom gedefinieerd (met tijdstip t) als:

$$z_{rep}(t) = z(t) + \alpha \sqrt{\sigma_{perm}^2(t) + \sigma_{duin}^2(t)} \quad (2.1)$$

Hierin is

$z_{rep}(t)$	[m] tov referentie;	representatieve bodemligging van een eenheid
$z(t)$	[m] tov referentie;	ruimte-gemiddelde bodemligging van een eenheid
$\sigma_{perm}(0)$	[m];	bijdrage van permanente bodemvormen aan standaardafwijking van ruimte-gemiddelde bodemligging
$\sigma_{duin}(0)$	[m];	bijdrage van verplaatsende bodemvormen aan standaardafwijking van ruimte-gemiddelde bodemligging
α	[-];	coëfficiënt

De coëfficiënt α wordt als volgt bepaald. De beginwaarde voor de representatieve bodemligging wordt gelijk gesteld aan de maatgevende (=maximale) actuele bodemligging van een eenheid door te stellen $z_{rep}(0) = z_{max}$. Hieruit volgt:

$$\alpha = \frac{z_{max} - z(0)}{\sqrt{\sigma_{perm}^2(0) + \sigma_{duin}^2(0)}} \quad \text{met een minimum van 1,0.} \quad (2.2)$$

Deze maximale bodemligging volgt uit een GIS bewerking van de bodempeiling.

Evenwichtswaarden

Voor alle termen in de definitie van de representatieve bodemligging (Verg.2.1) moet een evenwichtswaarde gedefinieerd worden. Er kan worden uitgegaan van een evenwichtsbodemligging die hoort bij een situatie aan het eind van een laagwaterperiode (morfologische evenwicht behorende bij een relatief lage afvoer). Naast de evenwichtsbodemligging moet ook de ruimtelijke variatie van de bodemligging rond het gemiddelde worden bepaald. Dit leidt tot een Gauss verdeling, waarbij de variaties zijn toe te schrijven aan de duinen.

De evenwichtswaarden zijn voor de morfologische module als volgt bepaald.

$z(t = \infty)$	[m] tov referentie;	kenmerkende lange termijn bodemligging bij constante laagwaterafvoer, ook wel Z_e genoemd
$\sigma_{perm}(t = \infty)$	[m];	op basis van statistisch bewerkte multibeam peilingen
$\sigma_{duin}(t = \infty) = \frac{H_{duin}}{\sqrt{8}}$	[m];	met een duinhoogte H_{duin} op basis van empirische voorspellers

Om niet-realistische waarden van de voorspelde duinhoogte te voorkomen wordt hier voorgesteld om de volgende procedure te gebruiken. Eerst wordt het toepassingsgebied gemarkeerd door

$$Q_{Waal\ max} = 1600 \left(1,06 + \frac{z_e - z}{2a_{ref}} \right)^{3/2} \quad Q_{Waal\ min} = 1600 \left(0,68 + \frac{z_e - z}{2a_{ref}} \right)^{3/2} \quad (2.3)$$

en met $a_{ref} = 4$ m

Daarna geldt voor $Q_{Waal} < Q_{Waal\ min}$ dat $H_{duin} = 0,29$ m

Als $Q_{Waal\ min} \leq Q_{Waal} \leq Q_{Waal\ max}$ dan

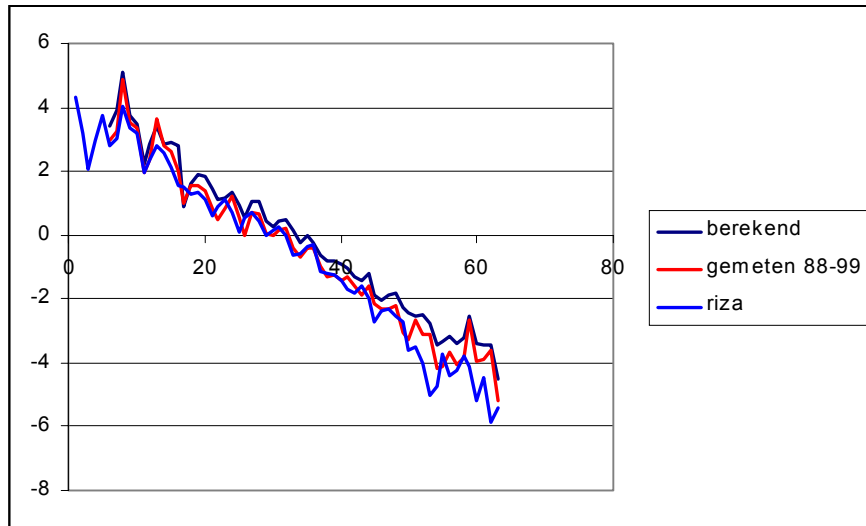
$$H_{duin} = 1,18 \left(1 + \frac{z_e - z}{a_{ref}} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{-2/3} \right)^{0.7} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{0.47} \left(1 - e^{-4[T^* - 1]} \right) (3 - T^*) \quad (2.4)$$

met

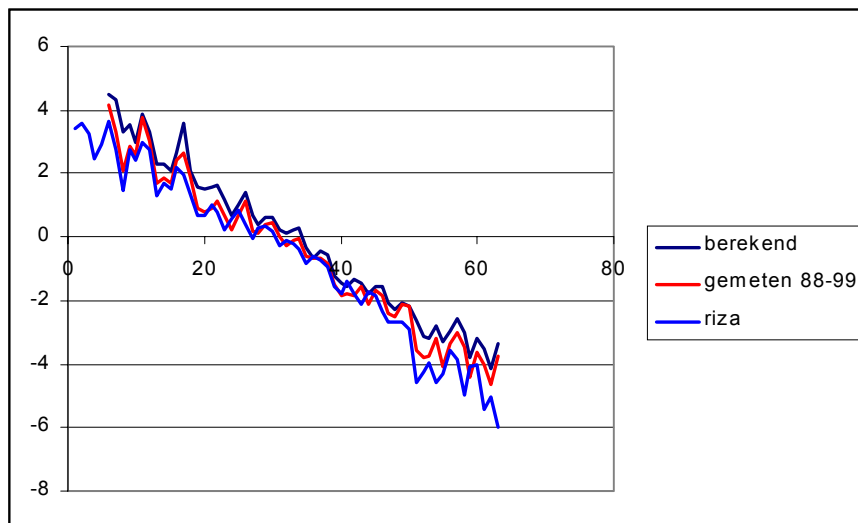
$$T^* = 3 \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{2/3} \left(1 + \frac{z_e - z}{2a_{ref}} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{-2/3} \right) - 1 \quad (2.5)$$

en als $Q_{Waal} > Q_{Waal\ max}$ dan $H_{duin} = 1,00$ m

De evenwichtswaarden voor de ‘duingemiddelde’ bodem kan worden afgeleid uit een berekening met het 2D model, of uit middeling van een aantal peilingen over meerdere jaren (waardoor de bewegende beddingvormen worden uitgemiddeld). De vergelijking tussen de bodemligging voor het 2D model en de uit multi-beam bestanden afgeleide bodem tonen aan dat er nog verschillen zijn die mogelijk aan de nauwkeurigheid van het model en de gebruikte ijkgegevens zijn toe te schrijven. In figuur 2.2 en 2.3 zijn de resultaten voor de berekening met 2D-model vergeleken met de gemiddelde bodemligging die volgt uit middeling van single-beam peilingen over de jaren 1988-1999, en de bodemligging die door RIZA is bepaald voor multi-beam peilingen van 5 achtereenvolgende jaren (Sieben, 2002).

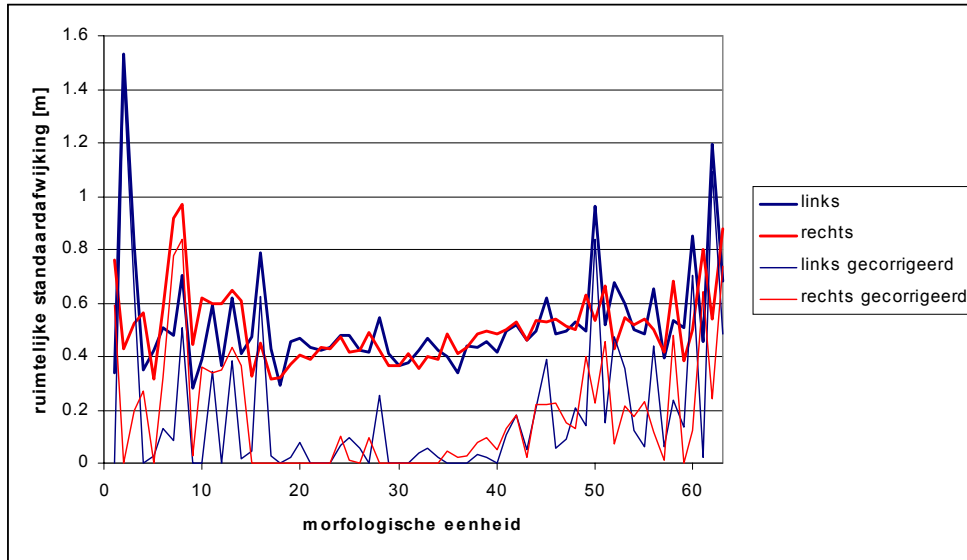


Figuur 2.2 Links van de as: vergelijking gemiddelde bodemligging uit over de tijd gemiddelde peilingen en uit het 2D-model



Figuur 2.3 Rechts van de as: Vergelijking gemiddelde bodemligging uit over de tijd gemiddelde peilingen en uit het 2D-model

De door RIZA (Sieben, 2002) afgeleide waarden voor de $\sigma_{perm}(t = \infty)$ zijn gepresenteerd in figuur 2.4 (de gecorrigeerde waarden). De gemiddelde, ruimtelijke standaardafwijking van een morfologische eenheid is minimaal (orde 0,4 m) op de Midden-Waal en maximaal op de Boven-Waal. Ook op de Beneden-Waal zijn ruimtelijke structuren binnen een eenheid significant.



Figuur 2.4 Jaargemiddelde ruimtelijke standaardafwijking per morfologische eenheid (Sieben, 2002), voor en na correctie voor effecten van duinen.

Initiële waarden

Met baggeren wordt de ‘maximale’ bodemligging instantaan verlaagd met een waarde die bij benadering gelijk is aan het volume van het baggerwerk gedeeld door het oppervlak waarover gebaggerd wordt. Verondersteld wordt dat dit oppervlak A_{bagger} bij benadering gelijk is aan het oppervlak waar in de actuele situatie/peiling het niveau BRV-2,80 m wordt overschreden. Daarnaast wordt door de ingreep ook het gemiddelde over de gehele morfologische eenheid beïnvloed. Het effect van een bagger/stort-ingreep moet daarom op alle termen van de representatieve bodemligging ingrijpen met de volgende definitie:

$$z^+(0) = z(0) - \frac{V_{bagger}}{A_{morfeenheid}} \quad (2.6)$$

$$\sigma_{perm}^+(0) = \sigma_{perm}(0) - \frac{V_{bagger}}{A_{bagger}} \quad \text{met een minimum van } 0,1 \text{ m} \quad (2.7)$$

$$\sigma_{duin}^+(0) = \sigma_{duin}(0) - \frac{V_{bagger}}{A_{bagger}} \quad \text{met een minimum van } 0,1 \text{ m} \quad (2.8)$$

waarin $A_{morfeenheid}$ = oppervlakte van de halve morfologische eenheid

Voor de representatieve bodemligging wordt als volgt gerekend:

- Voor de ingreep geldt
 $z_{rep}(0) = z_{max}$
- Na de ingreep moet gelden

$z_{rep}^+(0) = BRV - d$ (met de gewenste waterdiepte d uit de baggerstrategie en BRV tov NAP.)

Om aan deze randvoorwaarde te voldoen wordt de volgende procedure voorgesteld.:

- Definieer

$$\sigma_{dummy} = \left[\frac{BRV - d - z(0) + \frac{2V_{bagger}}{A_{morfeenheid}}}{z_{max} - z(0)} \right] \sqrt{\sigma_{perm}^2(0) + \sigma_{duin}^2(0)}$$

- Als $\sigma_{dummy} \geq 0,1$ dan

$$z^+(0) = z(0) - \frac{2V_{bagger}}{A_{morfeenheid}}$$

$$\sigma_{perm}^+(0) = \frac{\sigma_{dummy}}{\sqrt{\sigma_{perm}^2(0) + \sigma_{duin}^2(0)}} \sigma_{perm}(0)$$

$$\sigma_{duin}^+(0) = \frac{\sigma_{dummy}}{\sqrt{\sigma_{perm}^2(0) + \sigma_{duin}^2(0)}} \sigma_{duin}(0)$$

- Als $\sigma_{dummy} < 0,1$

$$z^+(0) = BRV - d - \frac{0,1(z_{max} - z(0))}{\sqrt{\sigma_{perm}^2(0) + \sigma_{duin}^2(0)}}$$

$$\sigma_{perm}^+(0) = 0,0$$

$$\sigma_{duin}^+(0) = 0,1$$

- Opgemerkt moet worden dat bij de implementatie van bovengenoemde relaties de term $2V_{bagger}/A_{morfeenheid}$ (verdeling van baggervolume over een eenheid) is vervangen door een meer geavanceerde aanpak waarbij de verhouding tussen “MaxbovenNormLinks” en “MaxbovenNormRechts” wordt gebruikt om het volume over beide helften te verdelen.

2.3 Voorspellers voor langzame en snelle veranderingen

Langzame veranderingen

Met 'langzame veranderingen' worden de veranderingen bedoeld die optreden in de duingemiddelde bodem. Deze voorspelling vindt plaats op het niveau van een morfologische eenheid, en wordt bepaald door de afwijking tussen de actuele (waargenomen) bodemligging en de evenwichtsbodemligging. De formule waarmee de langzame veranderingen worden beschreven is in het rapport Sloff (2001) beschreven door:

$$\Delta z' = 1 - e^{\frac{-t}{T_m}} \quad (2.9)$$

met $\Delta z' =$ tijdsafhankelijke dimensieloze bodemafwijking (representatief voor de ontwikkeling van de gemeten beginbodempligging naar een evenwichtsbodempligging gemiddeld over een halve morfologische eenheid);
 $T_m =$ karakteristieke tijdschaal voor het morfologische herstel.

In samenhang met formule 2.8 (volgens de aanpak in Sloff, 2001) kan de waarde van $\Delta z'$ wordt vermenigvuldigd met het verschil tussen de gemiddelde gemeten bodempligging en gemiddelde evenwichtsbodempligging (bijv. Δz_0 in meters), om het herstel van de gemiddelde bodempligging te beschrijven. In geval van baggerwerk kan van de beginbodempligging eerst de gemiddelde baggerdiepte van het baggerwerk (bijvoorbeeld Δz_{bagg}) worden afgetrokken (dus afgetrokken van Δz_0) voordat bovenstaande formule wordt toegepast. De gemiddelde baggerdiepte over een halve morfologische eenheid Δz_{bagg} wordt in dit geval bepaald door het berekende volume van het baggerwerk (m^3) te delen door de totale oppervlakte van de halve morfologische eenheid (m^2).

Snelle veranderingen

Veranderingen met een kleine tijdschaal hebben betrekking op de ontwikkeling van beddingvormen. De hoogte van beddingvormen wordt beschouwd als een standaardafwijking rond de duingemiddelde bodempligging. De grootte van de beddingvormen wordt bepaald met behulp van een empirische 'duinhoogtevoorspeller' voor grote duinen.

Totale bodemverandering

De bodemverandering, samengesteld uit de langzame en snelle veranderingen wordt vervolgens voorspeld met

$$z_{\text{rep}}(t) = z^+(0)e^{-t/T_{ml}} + z(t=\infty)\left[1 - e^{-t/T_{ml}}\right] + \alpha \sqrt{\left(\sigma_{\text{perm}}^+(0)e^{-t/T_{ml}} + \sigma_{\text{perm}}(t=\infty)\left[1 - e^{-t/T_{ml}}\right]\right)^2 + \left(\sigma_{\text{duin}}^+(0)e^{-t/T_{ms}} + \sigma_{\text{duin}}(t=\infty)\left[1 - e^{-t/T_{ms}}\right]\right)^2} \quad (2.10)$$

hierin worden twee tijdschalen gebruikt conform de WL nota

T_{ml} [dg] voor de langzame veranderingen

T_{ms} [dg] voor de snelle veranderingen

Voor de langzame veranderingen is de tijdschaal gedefinieerd (in dagen) als

$$T_{ml} = 150 \left(\frac{1600}{Q_{\text{Waal}}} \right) \frac{L_{\text{eenheid}}}{L_{\text{eenheid}27}} \quad (2.11)$$

Voor implementatie in de morfologische module wordt vooralsnog aangenomen dat L_{eenheid} de lengte van elke morfologische eenheid gelijk is aan die van nr 27 uit Fig.2.3 van Sloff (2001). De lengte van de eenheden kan worden gedefinieerd door gebruik te maken van de parameters 'VanKmRaai' en 'TotKmRaai'.

Voor de snelle veranderingen is de tijdschaal gedefinieerd als $T_{ms} = \frac{60}{1,1(1 - e^{-0,4T})}$ dag met

de transportparameter T gedefinieerd als $T = 3\left(\frac{Q_{Waal}}{1600}\right)^{2/3} - 1$. In de implementatie wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van T^* in plaats van T . De tijdschaal voor snelle veranderingen volgt dan uit:

$$T_{ms} = \frac{60}{1,1(1 - e^{-4T^*})} \quad (2.12)$$

2.4 Berekeningen in het BOS Baggeren

2.4.1 Voorspelling per week

De voorspellingen in het BOS Baggeren moeten inzicht scheppen in de ontwikkeling van ondieptes in de tijd met en zonder baggerwerk. Door de voorspelde langzame veranderingen en snelle veranderingen te combineren kan worden berekend of de norm BRV-2,80 m na verloop van tijd wordt overschreden. De voorspellingen worden telkens voor een week gemaakt, waarbij de voorspelde bodemligging van een voorgaande week de beginbodem is voor de voorspelling van de volgende week. Toepassing hiervan in de morfologische module leidt dan tot de volgende stappen.

1) Lees voor elke eenheid

- de actuele ruimtelijk gemiddelde waarde $z(0)$ op basis van de peiling;
- de standaardafwijking $\sigma_{perm}(0)$ op basis van de peiling of tabel (in eerste instantie op basis van de tabel omdat voor de peiling een goede langjarig-gemiddelde bodemligging als achtergrond moet worden gebruikt wanneer de peiling niet gebiedsdekkend is);
- de maximale waarde van de bodemligging z_{max} ;
- het volume boven een norm (hier gedefinieerd als V_{bagger});
- het oppervlak van dit volume boven de norm (hier gedefinieerd als A_{bagger}).

2) Bepaal voor elke eenheid

- de representatieve bodemligging met de coëfficiënt α :

$$\alpha = \frac{z_{max} - z(0)}{\sqrt{\sigma_{perm}^2(0) + \sigma_{duin}^2(0)}}$$

- de ruimte-gemiddelde bodem na baggeren (of storten):

$$z^+(0) = z(0) - \frac{V_{bagger}}{A_{morfeenheid}}$$

- de standaardafwijking van vaste bodemvormen na baggeren (of storten):

$$\sigma_{perm}^+(0) = \sigma_{perm}(0) - \frac{V_{bagger}}{A_{bagger}} \text{ met een minimum van } 0,1 \text{ m}$$

- de standaardafwijking van verplaatsende bodemvormen na baggeren (of storten)

$$\sigma_{duin}^+(0) = \sigma_{duin}(0) - \frac{V_{bagger}}{A_{bagger}} \text{ met een minimum van } 0,1 \text{ m}$$

- Baggeren leidt tot een positieve waarde van V_{bagger} (storen tot een negatieve waarde).

De voorspellingen worden als volgt gedaan.

week 1:

Lees de nieuwe Q_{Waal}

Herhaal voor elke eenheid:

- Bereken de transportparameters

$$T = 3 \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{2/3} - 1$$

$$T^* = 3 \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{2/3} \left(1 + \frac{z_e - z^+(0)}{8} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{-2/3} \right) - 1$$

en de afvoergrenswaarden

$$Q_{Waal \max} = 1600 \left(1,06 + \frac{z_e - z^+(0)}{8} \right)^{3/2}$$

$$Q_{Waal \max} = 1600 \left(0,68 + \frac{z_e - z^+(0)}{8} \right)^{3/2}$$

- Bereken de evenwichtsduinhoogte:

- als $Q_{Waal} < Q_{Waalmin}$

$$H_{duin} = 0,29 \text{ m}$$

- als $Q_{Waalmin} \leq Q_{Waal} \leq Q_{Waalmax}$

$$H_{duin} = 1,18 \left(1 + \frac{z_e - z^+(0)}{8} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{-2/3} \right)^{0,7} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{0,47} \left(1 - e^{-4[T^*-1]} \right) (3 - T^*)$$

- als $Q_{Waal} > Q_{Waalmax}$

$$H_{duin} = 1,00 \text{ m}$$

- Bepaal de evenwichtswaarde van de standaardafwijking van verplaatsende bodemvormen

$$\sigma_{duin}(t = \infty) = \frac{H_{duin}}{\sqrt{8}}$$

- Bereken de tijdschalen

$$T_{ms} = \frac{60}{11(1 - e^{-0,4T})}$$

$$T_{ml} = 150 \left(\frac{1600}{Q_{Waal}} \right) \frac{L_{eenheid}}{L_{eenheid27}}$$

- Bereken de nieuwe gemiddelde bodemligging

$$z(7) = z^+(0)e^{-7/T_{ml}} + z(t = \infty) \left[1 - e^{-7/T_{ml}} \right]$$

- Bereken de nieuwe standaardafwijking van vaste bodemvormen

$$\sigma_{perm}(7) = \sigma_{perm}^+(0)e^{-7/T_{ml}} + \sigma_{perm}(t = \infty) \left[1 - e^{-7/T_{ml}} \right]$$

- Bereken de nieuwe standaardafwijking van verplaatsende bodemvormen

$$\sigma_{duin}^+(7) = \sigma_{duin}^+(0)e^{-7/T_{ml}} + \sigma_{duin}(t = \infty) \left[1 - e^{-7/T_{ml}} \right]$$

- Bepaal de nieuwe representatieve bodemligging van de morfologische eenheid

$$z_{rep}(7) = z(7) + \alpha \sqrt{[\sigma_{perm}(7)]^2 + [\sigma_{duin}^+(7)]^2}$$

week 2:

Lees de nieuwe Q_{Waal}

Herhaal voor elke eenheid:

- Bereken de transportparameters

$$T = 3 \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{2/3} - 1$$

$$T^* = 3 \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{2/3} \left(1 + \frac{z_e - z^+(7)}{8} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{-2/3} \right) - 1$$

en de afvoergrenswaarden

$$Q_{Waal\max} = 1600 \left(1,06 + \frac{z_e - z^+(7)}{8} \right)^{3/2}$$

$$Q_{Waal\max} = 1600 \left(0,68 + \frac{z_e - z^+(7)}{8} \right)^{3/2}$$

- Bereken de evenwichtsduinhoogte:

- als $Q_{Waal} < Q_{Waal\min}$

$$H_{duin} = 0,29 \text{ m}$$

- als $Q_{Waal\min} \leq Q_{Waal} \leq Q_{Waal\max}$

$$H_{duin} = 1,18 \left(1 + \frac{z_e - z^+(7)}{8} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{-2/3} \right)^{0.7} \left(\frac{Q_{Waal}}{1600} \right)^{0.47} \left(1 - e^{-4[T^*-1]} \right) (3 - T^*)$$

- als $Q_{Waal} > Q_{Waal\max}$

$$H_{duin} = 1,00 \text{ m}$$

- Bepaal $\sigma_{duin}(t = \infty) = \frac{H_{duin}}{\sqrt{8}}$

- Bereken de tijdschalen

$$T_{ms} = \frac{60}{11(1 - e^{-0,4T})}$$

$$T_{ml} = 150 \left(\frac{1600}{Q_{Waal}} \right) \frac{L_{eenheid}}{L_{eenheid27}}$$

- Herhaal de volgende stappen voor elke eenheid.
 bereken de nieuwe gemiddelde bodemligging

$$z(14) = z(7)e^{-7/T_{ml}} + z(t = \infty)[1 - e^{-7/T_{ml}}]$$
 bereken de nieuwe standaardafwijking van vaste bodemvormen

$$\sigma_{perm}(14) = \sigma_{perm}(7)e^{-7/T_{ml}} + \sigma_{perm}(t = \infty)[1 - e^{-7/T_{ml}}]$$
 bereken de nieuwe standaardafwijking van verplaatsende bodemvormen

$$\sigma_{duin}^+(14) = \sigma_{duin}^+(7)e^{-7/T_{ml}} + \sigma_{duin}^+(t = \infty)[1 - e^{-7/T_{ml}}]$$
 bepaal de nieuwe representatieve bodemligging van de morfologische eenheid

$$z_{rep}(14) = z(14) + \alpha \sqrt{[\sigma_{perm}(14)]^2 + [\sigma_{duin}^+(14)]^2}$$

week 3

etcetera.

Een voorbeeld berekening is opgenomen in Bijlage A. Hierbij wordt in plaats van $Q_{Waalmax}$ en $Q_{Waalmin}$ eenvoudig gebruik gemaakt van $T_{max}^* = 2.25$ en $T_{min}^* = 1.05$ als grenswaarden voor de duinhoogtevoorspeller. Voor de morfologie module is deze aanpak eveneens gehanteerd. Voor de standaardafwijking voor de vaste bodemvormen wordt vooralsnog uitgegaan van de waarde die is bepaald op basis van 5 jaar GIS bestanden.

2.4.2 Toetsing aan de norm

De voorspelde veranderingen in duingemiddelde bodemligging (langzame veranderingen) en in duinhoogte moeten worden opgeteld om na te gaan of er sprake zal zijn van een scheepvaartknelpunt. Knelpunten worden gesignaleerd wanneer niet wordt voldaan aan de norm $2,80 \text{ m} \times 170 \text{ m}$.

De controle gebeurt als volgt:

- de verandering in bodemligging wordt bepaald met de gemiddelde waarden (op basis van “gemiddelde afvoer-statistiek” of “gemiddelde voorspelde afvoer”) voor respectievelijk de korte termijn, de middellange termijn en de lange termijn. Voor de korte termijn berekening wordt uitgegaan van een stabiele gemiddelde bodemligging. Voor de middellange en lange-termijn berekeningen wordt uitgegaan van de Z_{rep} berekend volgens de formules in hoofdstuk 2.
- De bodemverandering wordt opgeteld bij het per morfologische eenheid waargenomen maximale afwijking ten opzichte van het referentie vlak BRV-2,80 m. Wanneer deze optelling een bodemligging oplevert die boven de referentie BRV-2,80 m ligt dan betekent dat, dat er een grote kans dat hier een knelpunt zal ontstaan of zal blijven.

De bandbreedte rond het resultaat wordt bepaald door in plaats van de gemiddelde waarden uit te gaan van de andere resultaten. Voor een bovengrens wordt uitgegaan van de optelling met waarden berekend volgens:

1. langzame veranderingen berekend met 95 % afvoer (relatief hoge afvoer)
2. duinhoogte berekend eveneens met 95 % afvoer (relatief hoge afvoer)

Voor een ondergrens wordt uitgegaan van:

3. langzame veranderingen berekend met 5 % afvoer (relatief hoge afvoer)
4. duinhoogte berekend eveneens met 5 % afvoer (relatief hoge afvoer)

De "kans op overschrijding 2,80 m norm" wordt in de database opgeslagen als een cijfer: 0 (groen, geen overschrijding bij gemiddelde afvoer en 95% afvoer), 1 (oranje, alleen overschrijding bij 95% afvoer) of 2 (rood, in alle gevallen overschrijding). De kleuren geven in dit geval de onzekerheid tengevolge van afvoeronzekerheden weer.

De onzekerheid ten gevolge van onzekerheid van de voorspelling van langzame bodemveranderingen kan later als een cijfer opgeslagen: 0 (0), 1 (+), 2 (++). Hierbij kan met extra berekeningen worden bepaald wat de onzekerheid in tijdschaal voor invloed heeft op het resultaat.

3 Berekeningen in BOS Baggeren

3.1 GIS berekeningen bij toevoegen peiling

3.1.1 Inleiding

Als onderdeel van de morfologie module worden een aantal berekeningen in een GIS (Arcview) gedaan. De GIS-berekeningen maken gebruik van een beheerspeiling en worden bij het toevoegen van elke beheerspeiling uitgevoerd. De resultaten van de berekening zijn getallen per halve morfologische eenheid (halve morfologische eenheid links dan wel rechts) die in de database worden gezet. In het vervolg van deze paragraaf wordt verder toegelicht wat er wordt berekend en welke gegevens daarvoor gebruikt worden.

3.1.2 Berekeningen

Bij het toevoegen van een beheerspeiling (gerelateerd aan NAP) wordt standaard eerst de peiling omgerekend naar waarden ten opzichte van het meest recente BRV-vlak. Vervolgens wordt van de beheerspeiling ten opzichte van BRV de waarde voor de norm afgetrokken. Van het resulterende grid wordt per halve morfologische eenheid binnen de vaarbaan de minimale waarde (is het hoogst boven de norm gelegen punt) met een zonale statistische functie bepaald. Daarnaast wordt van de peiling ten opzichte van BRV en van een langjarig gemiddelde peiling het verschil berekend. Van dit resulterende grid wordt met dezelfde zonale statistische functie het gemiddelde binnen de vaarbaan per halve morfologische eenheid bepaald. Alle berekende statistische waarden worden in de database gezet. Voor het langjarig gemiddelde wordt in de huidige versie van het BOSBaggeren gebruik gemaakt van een gemiddelde van jaarlijkse dwarspeilingen over de periode 1988 tot 1999.

3.1.3 Gebruikte gegevens

Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de volgende gegevens:

- beheerspeiling waarvoor berekening uitgevoerd wordt;
- langjarig (1988 t/m 1999) gemiddelde van jaarlijkse dwarspeilingen (jdp88tm99gem in bos.ini), eventueel later te vervangen door een gemiddelde van de jaarlijkse multi-beam peilingen van de afgelopen 5 jaar;
- waarde voor de norm (norm = 2,80m);
- het meest recente BRV-vlak (BRV2002 ingevuld in bestand bos.ini);
- bestand met morfologische eenheden (ingevuld in bestand bos.ini);
- bestand met de 170m-vaargeul (ingevuld in bestand bos.ini);
- bestand met de as van de 170m-vaargeul (ingevuld in bestand bos.ini).

3.1.4 Opslaan van resultaten

Database : Waalbos.mdb
Tabel: tbBaggernorm
Velden: GemVerschilEvenwichtLinks
GemVerschilEvenwichtRechts
MaxBovenNormLinks
MaxBovenNormRechts

3.2 Berekeningen in ActiveX Morfologie

Berekeningen ActiveX bij nieuwe peiling

Alle in hoofdstuk 2 beschreven berekeningen zijn in ActiveX geprogrammeerd.

Berekeningen ActiveX bij doorrekenen baggerstrategie

Alleen de formules waar het baggervolume een rol speelt moeten opnieuw berekend worden.

Berekeningen ActiveX bij popup met grafiek

Formules worden in stappen van weken toegepast tot 1 november, waardoor een verloop van de bodemligging als functie van de weken kan worden getoond.

4 Presentatie van de resultaten

4.1 Inleiding

Het ontwerp van het presentatiegedeelte sluit aan bij de ideeën gepresenteerd in hoofdstuk 3 van het rapport van Sloff (2001), en de discussie tijdens de werksessie van 6 december 2001 (zie ook Sloff, 2001). Het presentatiegedeelte bestaat uit 3 onderdelen:

1. een presentatie in strategie voor profielbaggeren,
2. een presentatie in strategie voor knelpuntbaggeren,
3. en een popup window met gedetailleerde informatie over de morfologische berekening.

4.2 Strategie profielbaggeren

Het scherm voor profielbaggeren wordt uitgebreid met drie maal drie kolommen:

Zonder baggeren

Over 2 weken

Over 6 weken

Einde laagwaterseizoen (begin november)

Met baggeren

Over 2 weken

Over 6 weken

Einde laagwaterseizoen (begin november)

Stort

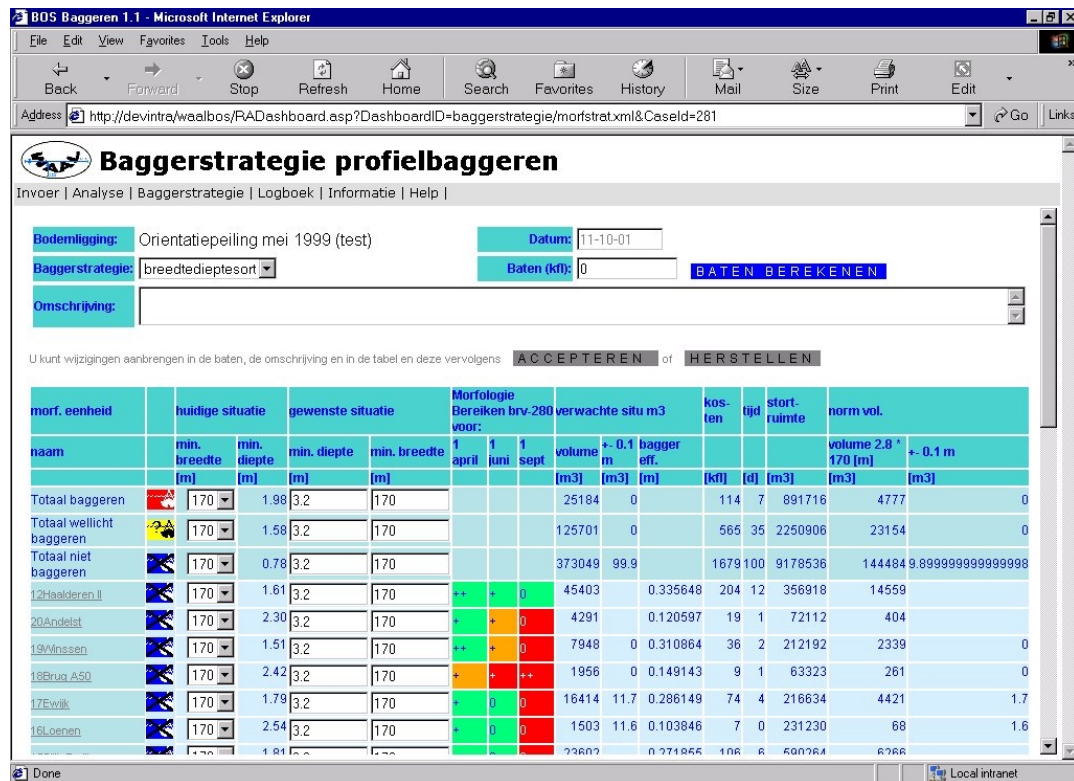
2 Invulvelden over stortplaats: morfologische eenheid en karakteristiek van locatie.

Over 2 weken

Over 6 weken

Einde laagwaterseizoen (begin november)

Bij elke morfologische eenheid wordt de meest kritieke waarde (hoogste kans van overschrijding vaarwegnorm) van bijbehorende halve morfologische eenheid (d.w.z. links of rechts van de as) gekozen. Een vakje in de zes kolommen voor het baggeren is groen, oranje of rood. Groen betekent dat de 2,80 norm waarschijnlijk niet wordt overschreden, oranje dat de norm eventueel wordt overschreden en rood dat de norm waarschijnlijk zeker overschreden zal worden. De plussen en minnen in het vakje zeggen iets over de onzekerheid in de voorspelling tengevolge van modelonzekerheden (nu nog als dummy waarden).



Figuur 4.1 Schets van tabel met 3 kolommen met baggeren.

De kolommen "zonder baggeren" geven aan hoe de verwachtingen zijn zonder ingrepen.

De kolommen "met baggeren" geven voor de morfologische eenheden waarvoor is opgegeven dat er wel of wellicht wordt gebaggerd de verwachte resultaten van de baggerinspanningen weer, zonder rekening te houden met de stort. De voorspellingen zijn gebaseerd op de opgegeven baggerdieptes.

De kolommen "stort" geven dezelfde informatie als de kolommen "met baggeren", maar dan inclusief de gevolgen van het storten.

Verder zijn er twee kolommen voor de invoer van de stortlocatie. In de eerste kolom kan de gebruiker aangeven in welke morfologische eenheid wordt gestort. Voor de huidige morfologische eenheid is de keuze uit bovenstrooms en benedenstrooms. In de tweede kolom kan de gebruiker met een dropdown kiezen uit:

- Buitenbocht
- Buitenbocht buiten vaargeul
- Kribvak
- Binnenbocht

Om de tabel overzichtelijk te houden krijgt de gebruiker de keuze om kolommen weg te klikken. Daartoe wordt een knop "Kolommen" opgenomen. Als de gebruiker op deze klikt verschijnt een window waarin de gebruiker kan aanvinken welke kolommen worden getoond. Na het klikken op OK verdwijnt het window en wordt de tabel aangepast.

De datum van de peiling is de uitgangsdatum, dus niet de huidige datum. Buiten het laagwaterseizoen worden de kolommen voor morfologische module niet getoond. De "6 weken" kolom wordt getoond voor peilingen tot half juli. De "einde laagwater" kolom wordt getoond voor peilingen tot half augustus.

4.3 Strategie knelpuntbaggeren

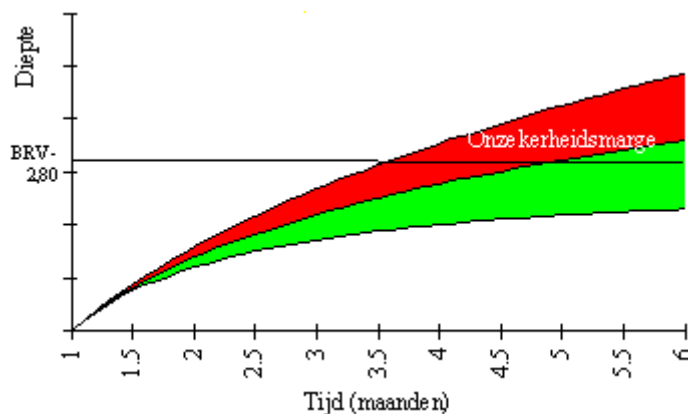
De morfologische module werkt hetzelfde voor de strategie knelpuntbaggeren als voor de strategie profielbaggeren. Er zijn echter verschillen doordat de tabellen niet dezelfde informatie tonen.

De tabel voor strategie knelpuntbaggeren toont alle knelpunten. Er kunnen veelal meerdere knelpunten in een morfologische eenheid zitten. Deze rijen in de tabel zullen dus dezelfde informatie over morfologie bevatten omdat deze per morfologische eenheid worden berekend. Anderzijds hoeven niet alle morfologische eenheden knelpunten te bevatten en dus zijn deze eenheden niet in de tabel opgenomen en is daarvoor ook de morfologische informatie niet zichtbaar. De gebruiker geeft niet op hoe diep gebaggerd wordt, uitgangspunt is 3,20 m.

De morfologische module geeft resultaten per morfologische eenheid, dus niet per knelpunt. Wel wordt de informatie wel of niet baggeren per knelpunt meegenomen.

4.4 Popup window met detail informatie

Als op een van de gekleurde vakjes wordt geklikt verschijnt een popup window dat laat zien hoe de bodem zich ontwikkelt en wat de onzekerheden zijn. De onzekerheidsmarge wordt bepaald door de uitkomsten met 5% en 95% afvoerwaarden. De grafiek laat het verloop zijn van de diepte ten opzichte van BRV-2,80 m (zie figuur 4.2).



Figuur 4.2 Voorbeeld van grafiek in popup window (herstel na baggeren)

5 Conclusies en aanbevelingen

De eerste fase van de implementatie is uitgevoerd voor de morfologische module in het BOS Baggeren. De aandacht is daarbij sterk uitgegaan naar de technische implementatie (methodiek en programmeren), en in minder sterke mate naar de validatie. De toepassing van de module zal in de komende tijd inzicht bieden in de nauwkeurigheid en noodzakelijke aanpassingen/verbeteringen die door de gebruikers van belang worden geacht.

Aanbevelingen:

- Zoals hierboven aangegeven, wordt aanbevolen een uitvoerige toetsing te doen van het systeem aan de praktijk van het baggeren op de Waal. Deskundige gebruikers kunnen testgevallen invoeren, en het resultaat beoordelen op juistheid van het morfologische gedrag zoals dat wordt voorspeld.
- De GIS bewerkingen worden uitgevoerd tezamen met een langjarig-gemiddeld (duingemiddeld) bodemliggingsbestand. Op dit moment wordt daarvoor gebruik gemaakt van het beschikbare bestand dat is gebaseerd op een middeling van JDP's voor de periode 1988-1999. Inmiddels zijn er voor een vijftal jaren multi-beam peilingen beschikbaar. Aanbevolen wordt het gedateerde, voor 1988-1999 gemiddelde, bestand te vervangen door een nieuw gemiddeld bestand gebaseerd op de multi-beam peilingen. Dit is vooral van belang voor het bepalen van gemiddelde bodemligging van een peiling wanneer deze niet-gebiedsdekkend is.
- Wanneer bovengenoemde aanpassing met multi-beam peilingen heeft plaatsgevonden kan ook de waarde $\sigma_{perm}(0)$ worden afgeleid voor actuele peilingen. Deze wordt op dezelfde wijze bepaald als door RIZA is gedaan voor de multi-beam peilingen (Sieben, 2002). Voor een niet-gebiedsdekkende meting wordt ter plaatse van 'no-data' punten de tijdsgemiddelde bodemligging (gebaseerd op 5 jaar multi-beam peilingen) gebruikt.

Literatuur

- Sieben, J. (2002) Bodemvariabelen t.b.v. BOS Baggeren. Memo RIZA-WSR 2002-019, 10 sept. 2002.
- Sloff, C.J. (2001) Mofologische module BOS Baggeren, Fase 1. Rapport Q3162, WL | Delft Hydraulics.

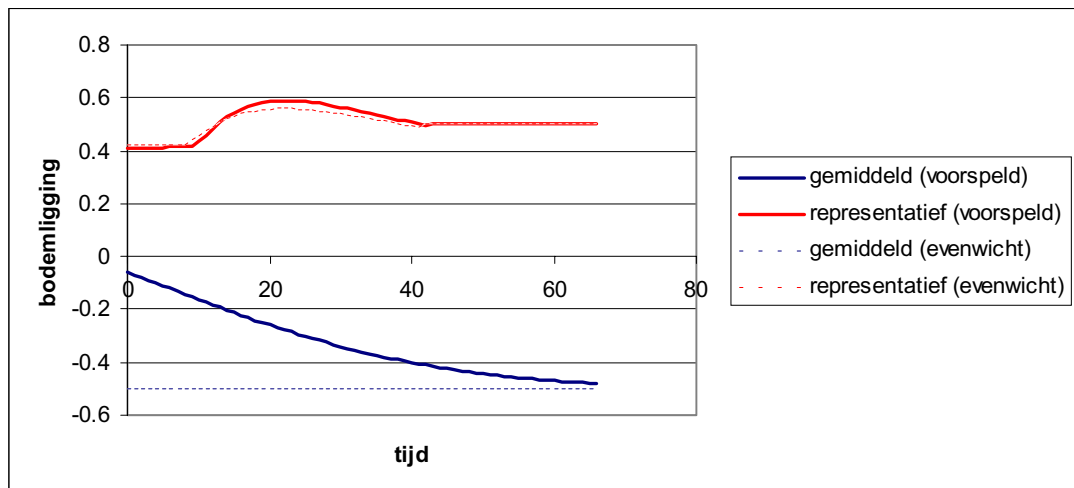
A Voorbeeldberekening

In onderstaande tabellen staat een voorbeeldberekening voor het verloop van de bodemligging in de tijd. Uitgegaan is van de volgende karakteristieken:

gemeten bodemligging	zmax	1	m+NAP	(maximale bodemligging van een halve eenheid)
	z(0)	0	m+NAP	initiele gemiddelde bodemligging van een halve eenheid
	sigma_perm (0)	0.8	m	initiele standaardafwijking vaste bodemvormen
	sigma_duin (0)	0.354	m	initiele standaardafwijking tgv duinen (gebruik hier de voorspeller maar voor)
ingreep	V bagger	10000	m3	(volume binnen halve eenheid boven norm niveau (bv OLR-2.8 m)
	Abagger	25000	m2	oppervlak van V_bagger
	berekende alpha	1.143324		

z (oo)	-0.5	m+NAP	evenwichtswaarde gemiddelde bodemligging van een halve eenheid
sigma_perm (oo)	0.8	m	evenwichtswaarde standaardafwijking bodemvormen
A_morf eenheid	170000	m2	oppervlak van halve eenheid
L_eenheid	1	m	lengte van de eenheid
L_eenheid27	1	m	lengte van eenheid nr 27

Het resultaat van de ontwikkeling van de bodem per week uit de onderstaande tabel is grafisch weergegeven in de figuur. Onderscheid hierbij de representatieve bodem (inclusief de bijdrage van beddingvormen) en de gemiddelde bodem.



z	repre- sen- tatieve bodem	sigma_ perm	sigma_ duin	T*	Hduin	sigma_ duin(oo)	Tml	Tms	nieuwe gemidd elde bodemli gging	nieuwe sigma_ perm	nieuwe sigma_ duin	gemidd (even- wicht)	repre- sen- tatief (even- wicht)
-0.06	0.413	0.40	0.10	0.72	0.29	0.10	300.00	5.77	-0.07	0.41	0.10	-0.50	0.42
-0.07	0.413	0.41	0.10	0.77	0.29	0.10	290.91	5.72	-0.08	0.42	0.10	-0.50	0.42
-0.08	0.413	0.42	0.10	0.81	0.29	0.10	282.35	5.68	-0.09	0.43	0.10	-0.50	0.42
-0.09	0.413	0.43	0.10	0.85	0.29	0.10	274.29	5.64	-0.10	0.44	0.10	-0.50	0.42
-0.10	0.414	0.44	0.10	0.89	0.29	0.10	266.67	5.61	-0.11	0.45	0.10	-0.50	0.42
-0.11	0.414	0.45	0.10	0.94	0.29	0.10	259.46	5.59	-0.12	0.46	0.10	-0.50	0.42
-0.12	0.414	0.46	0.10	0.98	0.29	0.10	252.63	5.57	-0.13	0.47	0.10	-0.50	0.42
-0.13	0.414	0.47	0.10	1.02	0.29	0.10	246.15	5.55	-0.14	0.47	0.10	-0.50	0.42
-0.14	0.414	0.47	0.10	1.06	0.35	0.12	240.00	5.53	-0.15	0.48	0.12	-0.50	0.43
-0.15	0.418	0.48	0.12	1.10	0.54	0.19	234.15	5.52	-0.16	0.49	0.17	-0.50	0.44
-0.16	0.435	0.49	0.17	1.14	0.71	0.25	228.57	5.51	-0.17	0.50	0.23	-0.50	0.46
-0.17	0.459	0.50	0.23	1.18	0.84	0.30	223.26	5.50	-0.18	0.51	0.28	-0.50	0.48
-0.18	0.484	0.51	0.28	1.22	0.95	0.34	218.18	5.50	-0.19	0.52	0.32	-0.50	0.49
-0.19	0.507	0.52	0.32	1.26	1.04	0.37	213.33	5.49	-0.20	0.53	0.35	-0.50	0.51
-0.20	0.527	0.53	0.35	1.30	1.12	0.39	208.70	5.49	-0.21	0.54	0.38	-0.50	0.52
-0.21	0.544	0.54	0.38	1.33	1.17	0.42	204.26	5.48	-0.22	0.55	0.41	-0.50	0.53
-0.22	0.558	0.55	0.41	1.37	1.22	0.43	200.00	5.48	-0.23	0.56	0.42	-0.50	0.54
-0.23	0.569	0.56	0.42	1.41	1.26	0.44	195.92	5.47	-0.24	0.56	0.44	-0.50	0.55
-0.24	0.577	0.56	0.44	1.45	1.29	0.45	192.00	5.47	-0.25	0.57	0.45	-0.50	0.55
-0.25	0.583	0.57	0.45	1.48	1.31	0.46	188.24	5.47	-0.26	0.58	0.46	-0.50	0.56
-0.26	0.587	0.58	0.46	1.52	1.32	0.47	184.62	5.47	-0.27	0.59	0.46	-0.50	0.56
-0.27	0.59	0.59	0.46	1.56	1.33	0.47	181.13	5.47	-0.28	0.60	0.47	-0.50	0.56
-0.28	0.591	0.60	0.47	1.60	1.33	0.47	177.78	5.46	-0.29	0.61	0.47	-0.50	0.56
-0.29	0.59	0.61	0.47	1.63	1.33	0.47	174.55	5.46	-0.29	0.61	0.47	-0.50	0.56
-0.29	0.588	0.61	0.47	1.67	1.32	0.47	171.43	5.46	-0.30	0.62	0.47	-0.50	0.56
-0.30	0.586	0.62	0.47	1.70	1.31	0.46	168.42	5.46	-0.31	0.63	0.46	-0.50	0.56
-0.31	0.583	0.63	0.46	1.74	1.30	0.46	165.52	5.46	-0.32	0.64	0.46	-0.50	0.55
-0.32	0.579	0.64	0.46	1.77	1.28	0.45	162.71	5.46	-0.33	0.64	0.46	-0.50	0.55
-0.33	0.575	0.64	0.46	1.81	1.27	0.45	160.00	5.46	-0.33	0.65	0.45	-0.50	0.55
-0.33	0.57	0.65	0.45	1.84	1.25	0.44	157.38	5.46	-0.34	0.66	0.44	-0.50	0.54
-0.34	0.565	0.66	0.44	1.88	1.23	0.43	154.84	5.46	-0.35	0.66	0.44	-0.50	0.54
-0.35	0.559	0.66	0.44	1.91	1.21	0.43	152.38	5.46	-0.35	0.67	0.43	-0.50	0.54
-0.35	0.554	0.67	0.43	1.95	1.18	0.42	150.00	5.46	-0.36	0.67	0.42	-0.50	0.53
-0.36	0.548	0.67	0.42	1.98	1.16	0.41	147.69	5.46	-0.37	0.68	0.41	-0.50	0.53
-0.37	0.542	0.68	0.41	2.01	1.14	0.40	145.45	5.46	-0.37	0.69	0.40	-0.50	0.52
-0.37	0.536	0.69	0.40	2.05	1.11	0.39	143.28	5.46	-0.38	0.69	0.40	-0.50	0.52
-0.38	0.531	0.69	0.40	2.08	1.08	0.38	141.18	5.46	-0.39	0.70	0.39	-0.50	0.51
-0.39	0.525	0.70	0.39	2.11	1.05	0.37	139.13	5.46	-0.39	0.70	0.38	-0.50	0.51
-0.39	0.519	0.70	0.38	2.14	1.02	0.36	137.14	5.46	-0.40	0.71	0.37	-0.50	0.50
-0.40	0.513	0.71	0.37	2.18	0.99	0.35	135.21	5.46	-0.40	0.71	0.36	-0.50	0.50
-0.40	0.507	0.71	0.36	2.21	0.96	0.34	133.33	5.46	-0.41	0.72	0.34	-0.50	0.49
-0.41	0.501	0.72	0.34	2.24	0.93	0.33	131.51	5.46	-0.41	0.72	0.33	-0.50	0.49
-0.41	0.496	0.72	0.33	2.27	1.00	0.35	129.73	5.46	-0.42	0.72	0.35	-0.50	0.50
-0.42	0.502	0.72	0.35	2.30	1.00	0.35	128.00	5.46	-0.42	0.73	0.35	-0.50	0.50
-0.42	0.504	0.73	0.35	2.33	1.00	0.35	126.32	5.46	-0.42	0.73	0.35	-0.50	0.50
-0.42	0.504	0.73	0.35	2.37	1.00	0.35	124.68	5.45	-0.43	0.74	0.35	-0.50	0.50
-0.43	0.504	0.74	0.35	2.40	1.00	0.35	123.08	5.45	-0.43	0.74	0.35	-0.50	0.50

z	repre- sen- tatieve bodem	sigma_ perm	sigma_ duin	T*	Hduin	sigma_ _duin(oo)	Tml	Tms	nieuwe gemidd elde bodemi gging	nieuwe sigma_ perm	nieuwe sigma_ duin	gemidd (even- wicht)	repre- sen- tatief (even- wicht)
-0.43	0.504	0.74	0.35	2.43	1.00	0.35	121.52	5.45	-0.44	0.74	0.35	-0.50	0.50
-0.44	0.504	0.74	0.35	2.46	1.00	0.35	120.00	5.45	-0.44	0.75	0.35	-0.50	0.50
-0.44	0.503	0.75	0.35	2.49	1.00	0.35	118.52	5.45	-0.44	0.75	0.35	-0.50	0.50
-0.44	0.503	0.75	0.35	2.52	1.00	0.35	117.07	5.45	-0.45	0.75	0.35	-0.50	0.50
-0.45	0.503	0.75	0.35	2.55	1.00	0.35	115.66	5.45	-0.45	0.75	0.35	-0.50	0.50
-0.45	0.503	0.75	0.35	2.58	1.00	0.35	114.29	5.45	-0.45	0.76	0.35	-0.50	0.50
-0.45	0.503	0.76	0.35	2.61	1.00	0.35	112.94	5.45	-0.46	0.76	0.35	-0.50	0.50
-0.46	0.502	0.76	0.35	2.64	1.00	0.35	111.63	5.45	-0.46	0.76	0.35	-0.50	0.50
-0.46	0.502	0.76	0.35	2.67	1.00	0.35	110.34	5.45	-0.46	0.76	0.35	-0.50	0.50
-0.46	0.502	0.76	0.35	2.69	1.00	0.35	109.09	5.45	-0.46	0.77	0.35	-0.50	0.50
-0.46	0.502	0.77	0.35	2.72	1.00	0.35	107.87	5.45	-0.47	0.77	0.35	-0.50	0.50
-0.47	0.502	0.77	0.35	2.75	1.00	0.35	106.67	5.45	-0.47	0.77	0.35	-0.50	0.50
-0.47	0.502	0.77	0.35	2.78	1.00	0.35	105.49	5.45	-0.47	0.77	0.35	-0.50	0.50
-0.47	0.502	0.77	0.35	2.81	1.00	0.35	104.35	5.45	-0.47	0.77	0.35	-0.50	0.50
-0.47	0.502	0.77	0.35	2.84	1.00	0.35	103.23	5.45	-0.47	0.78	0.35	-0.50	0.50
-0.47	0.501	0.78	0.35	2.87	1.00	0.35	102.13	5.45	-0.48	0.78	0.35	-0.50	0.50
-0.48	0.501	0.78	0.35	2.89	1.00	0.35	101.05	5.45	-0.48	0.78	0.35	-0.50	0.50
-0.48	0.501	0.78	0.35	2.92	1.00	0.35	100.00	5.45	-0.48	0.78	0.35	-0.50	0.50
-0.48	0.501	0.78	0.35	2.95	1.00	0.35	98.97	5.45	-0.48	0.78	0.35	-0.50	0.50
-0.48	0.501	0.78	0.35	2.98	1.00	0.35	97.96	5.45	-0.48	0.78	0.35	-0.50	0.50