

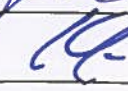
ONTWERPNOTITIE DO-GM-ENG-0257-1

Aan: L. den Herder
 Kopie: F. Verhoeven, Wilma van Heugten
 Project: Bestorngen ter plaatse van schaaldijken
 Titel: Bestorting Maasband
 Referentie: DO-GM-ENG-0257-1
 Versie: 1
 Status: Definitief
 Datum: 28-06-2016

Revisie geschiedenis

Revisie	Datum:	Opgesteld door:	Wijzigingen:
A	04-12-2015	R.B.M. Peters	-
1	28-06-2016	R.B.M. Peters	Ontwerpoplossing

Controle status

	Naam:	Datum:	Paraaf:
Opgesteld:	R.B.M. Peters	28-06-2016	
Tweede lezer:	A. van den Berg	28-06-2016	Ba 
Derde lezer:	L. de Gier	28-06-2016	
Geaccordeerd:	L. den Herder	28-6-16	
Vrijgave:	C.P.J. van der Veecken	29-06-16	

INHOUD	blz.
1 INLEIDING	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doel	1
1.3 Locatie	1
1.4 Leeswijzer	2
2 ALGEMENE GEGEVENS EN UITGANGSPUNTEN	3
2.1 Bronnen en richtlijnen	3
2.2 Uitgangspunten	3
2.2.1 Geometrie	3
2.2.2 Hydraulische belasting	3
2.2.3 Materiaaleigenschappen	5
2.2.4 Levensduur	5
3 SITUATIEBESCHRIJVING	6
3.1 Huidige oeverbescherming	6
3.2 Beoordeelde secties	7
4 ONTWERPMETHODIEK	8
4.1 Rekenregel (Pilarczyk)	8
4.2 Invoer	9
4.3 Berekeningsresultaten	9
5 ONTWERPBESCHRIJVING	10
5.1 Sectie rkm 34,4 - 34,65	10
5.1.1 Ontwerpprofiel	10
5.1.2 Geotextiel	11
5.1.3 Aansluitingen	11
5.1.4 Werkfasering	12
5.2 Sectie rkm 34,65 - 35,0	12

FIGUREN

Figuur 1.1 Grensmaas bij Maasband	2
Figuur 2.1 WAQUA uitvoerpunten (paarse stippen) over de ontwerpprofielen	4
Figuur 2.2 WAQUA-resultaten voor rkm 34,6 (blauw: waterstand [m] t.o.v. NAP, groen: WAQUA-bodemprofiel [m] t.o.v. NAP, rood: stroomsnelheid [m/s])	4
Figuur 3.1 Veronderstelde dwarsprofielen per locatie	6
Figuur 5.1 Ontwerpprincipe Maasband	11

TABELLEN

Tabel 2-1 Standaard steengraderingen	5
Tabel 4-1 Berekeningsresultaten met aangepaste taluds	9
Tabel 5-1 Berekenende bestorting verflauwde taluds rkm 34,4 - 34,6	10
Tabel 5-2 Vergelijking aangetroffen bekleding en berekenende bestorting	12

BIJLAGEN

I Fotoverslag veldbezoek	
II Ontwerptekening oeverbescherming	
III Hydraulische condities WAQUA per dwarsprofiel	

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding

In het Maasdal is Consortium Grensmaas B.V. (CG) bezig met de uitvoering van het Grensmaasproject. Eén van de doelstellingen van het Grensmaasproject is het verhogen van de hoogwaterbescherming in het projectgebied. In eerste instantie gebeurt dit door middel van een rivierverruiming, die zorgt voor lagere waterstanden tijdens hoogwater.

Ondanks de verruiming van de rivier en de verlaging van de waterstanden, heeft de bestaande dijk niet op alle locaties voldoende hoogte. Op een aantal locaties neemt CG maatregelen om de waterkeringen zodanig te versterken, dat deze voldoen aan de wettelijke norm voor dijkveiligheid. Dit betekent niet alleen het ophogen van de waterkering, maar ook het versterken van de waterkering ten behoeve van de stabiliteit. Met het Rijk is de afspraak gemaakt dat vóór 1 januari 2018 het beschermingsniveau tegen overstromen van deze primaire waterkeringen is verhoogd tot 1/250 jaar.

1.2 Doel

Het Consortium Grensmaas is verantwoordelijk voor het ontwerp van de dijkverhogingen en -versterkingen binnen de afgesproken versterkingsopgave. Aan de hand van verschillende faalmechanismen wordt in dit kader de huidige dijk beoordeeld en wordt er een ontwerp opgesteld.

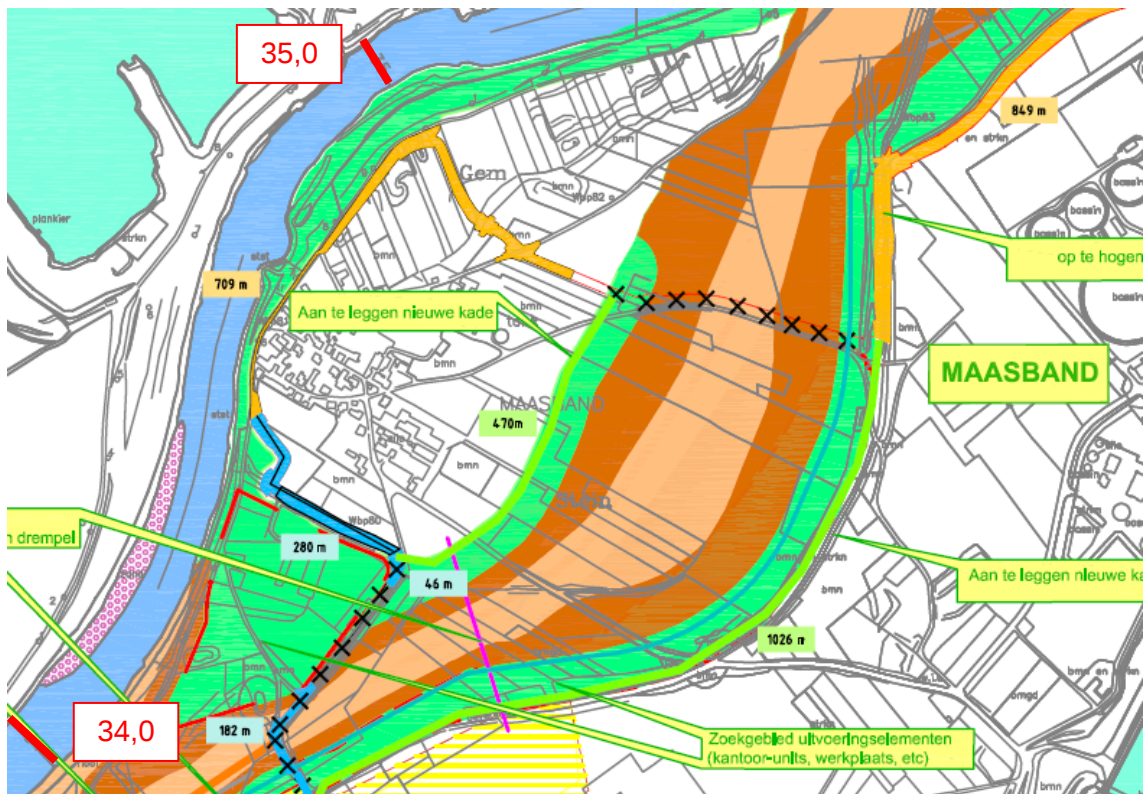
Bij de beoordeling van de stabiliteit en sterkte van de dijken wordt ook gekeken naar de stabiliteit van de bekleding en de stabiliteit van het buitentalud/voorland. Op drie locaties is sprake van een dijk waarvan het buitentalud rechtstreeks overloopt in de oever van de Maas (er is geen voorland aanwezig). Dit worden schaaldijken genoemd. Op deze locaties zijn de stroomsnelheden nabij de dijk relatief hoog en is er geen ruimte om enige erosie toe te staan. In de voorliggende notitie is de benodigde oeverbestorting bepaald. Vervolgens is gekeken of de huidige oevers van de schaaldijken voldoen, of dat er een versterkingsmaatregel nodig is.

1.3 Locatie

Er is sprake van een schaaldijk op de volgende drie locaties:

- Maasband (dijkkring 87, dijkvakken 50.410.14 en 50.410.15);
- Obbicht (dijkkring 84, dijkvakken 50.510.7 en 50.510.8);
- Visserweert (dijkkring 83, dijkvakken 50.540.2, 50.540.3 en 50.540.4).

Deze notitie gaat in op de beoordeling van de oevers op het traject bij Maasband. Ten oosten van het dorp wordt een nevengeul gerealiseerd, waardoor de stroomsnelheden in de geul van de Maas worden verlaagd. De schaaldijk bevindt zich aan de westzijde van het dorp. In Figuur 1.1 is de locatie aangegeven, het tracé rkm 34,2 - 35,0 is behandeld.



1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de algemene gegevens en uitgangspunten beschreven. In hoofdstuk 3 is de situatiebeschrijving gegeven, die is gebaseerd op het veldbezoek. De ontwerpmethodiek voor de bestorting is beschreven in hoofdstuk 4, gevolgd door de ontwerpbeschrijving in hoofdstuk 5.

2 ALGEMENE GEGEVENS EN UITGANGSPUNTEN

2.1 Bronnen en richtlijnen

In deze notitie is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- [DO-GM-ENG-230-2] Definitief ontwerp: Ontwerprapport dijkkring 86/87: Meers - Maasband, d.d. 24 juni 2016.

De volgende richtlijnen en eisen zijn gehanteerd voor de berekeningen van de steenbestorting:

- CIRIA C683, The Rock Manual, CUR, London, 2nd edition 2007;
- CUR C205, Ontwerprichtlijn voor geotextielen onder steenbekledingen, voorlopige versie van de eenvoudige methode, 2015;
- Dikes And Revetments: Design, Maintenance And Safety Assessment, K. W. Pilarczyk, Taylor & Francis, 1998.

2.2 Uitgangspunten

2.2.1 Geometrie

Er zijn drie verschillende typen geometrie te onderscheiden. Ten zuiden van het dorp Maasband (rkm 34,3 - 34,5) is er onderscheid te maken tussen het onder- en boventalud. Het ondertalud heeft een helling van circa 1:1,5 en het boventalud van 1:2,5. De overgang tussen het onder- en boventalud ligt rond NAP + 31 m en de bodem van de Maas ligt op een niveau van circa NAP + 26 m. De bovenkant van de oevers ligt op een niveau van circa NAP + 36,5 m.

Ter plaatse van de dorpskern (rkm 34,5 - 34,65) zijn de taluds zeer steil. Het ondertalud heeft een helling van circa 1:1,5 en het boventalud heeft ook een helling rond 1:1,5 - 1:2. Op deze locatie is er echter een knik in het talud aanwezig waar de helling wat flauwer is (ca. 1:3,5 van NAP + 30,5 m tot NAP + 34 m). De bovenkant van de oevers ligt hier op het gelijke niveau aan de primaire waterkering. Het betreft hier een schaar-dijk met een kruinhoogte op ongeveer NAP + 38 m.

Ten noorden van het dorp (rkm 34,65 - 35,0) worden de taluds flauwer, wordt de oever minder hoog en wordt de afstand tot de primaire waterkering groter. Lokaal heeft het talud hier hellingen van ongeveer 1:2,5 maar over het grotendeel zijn de taluds veel flauwer. De bodem van de Maas ligt hier ook wat hoger. Op ongeveer NAP + 28 m bij de teen.

2.2.2 Hydraulische belasting

De hydraulische belasting bestaat uit stromingsbelasting, waterstanden en golfbelasting.

Stromingsbelasting en waterstanden

Het computerprogramma WAQUA berekent een hoogwatergolf tijdens maatgevende omstandigheden. Voor deze locatie is gebruik gemaakt van model shm516_actelba. In dit model zijn de Vlaamse ingrepen al meegenomen, alsook de geplande ingrepen in het Nederlandse gebied. Het model geeft daardoor de situatie aan zoals deze op zal treden wanneer het project Grensmaas volledig is afgerond.

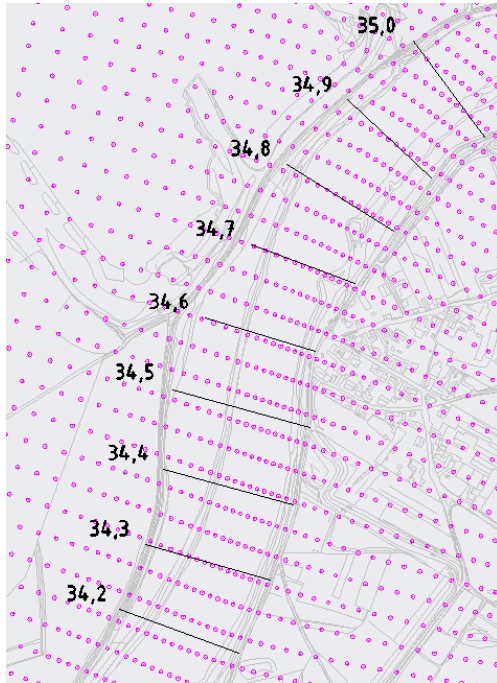
In het model is gekeken naar de maximale stroomsnelheden bij een debiet van 3800 m³/s, wat overeenkomt met een 1/1250 jaar hoogwatergolf. Uit analyses is gebleken dat deze golf tot de maatgevende stroomsnelheden leidt.

De uitvoerpunten van WAQUA liggen niet op dezelfde lijn als de dwarsprofielen van de rivier. Om deze reden wordt de WAQUA uitvoer eerst vertaald naar dwarsprofielen,

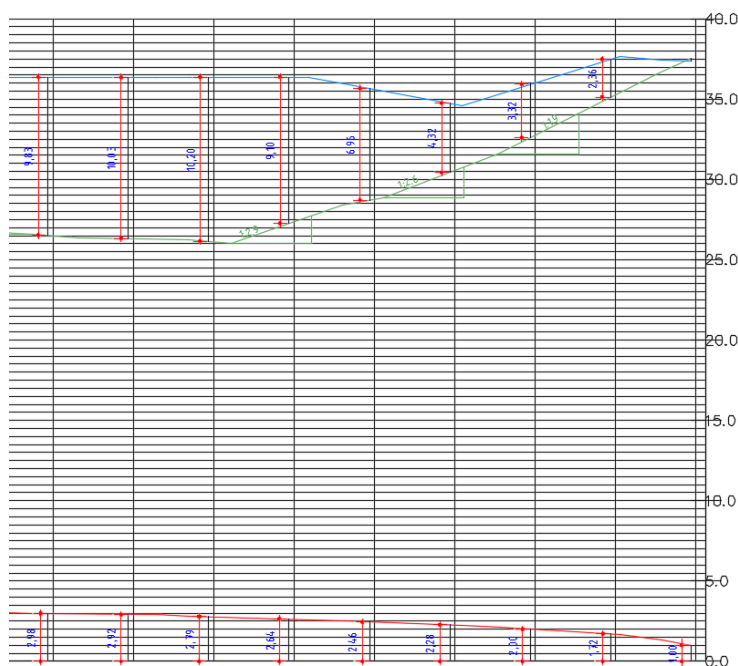
waardoor de hydraulische condities op de gewenste locaties uit te lezen zijn. Hiertoe zijn de volgende stappen doorlopen:

- intekenen uitvoer van WAQUA (stroomsnelheid, waterstand en bodemhoogte) per uitvoerpunt in het projectgebied;
- aanmaken van 'surfaces' tussen de uitvoerpunten. Met de surfaces kunnen de waarden op tussenliggende punten door middel van interpolatie worden vastgesteld;
- invoegen van het gewenste dwarsprofiel (Figuur 2.1);
- opstellen van de profielen met bijbehorende hydraulische condities (Figuur 2.2).

De hydraulische condities per profiel zijn weergegeven in bijlage III.



Figuur 2.1 WAQUA uitvoerpunten (paarse stippen) over de ontwerpprofielen



Figuur 2.2 WAQUA-resultaten voor rkm 34,6 (blauw: waterstand [m] t.o.v. NAP, groen: WAQUA-bodemprofiel [m] t.o.v. NAP, rood: stroomsnelheid [m/s])

Golfbelasting

De golfbelasting is verwaarloosbaar klein ten opzichte van de stromingsbelasting en is daarom niet beschouwd.

2.2.3 Materiaaleigenschappen

Het uitgangspunt is een soortelijke massa van waterbouwsteen van 2650 kg/m^3 , hieruit volgt een relatieve dichtheid van steen in zoet water (Δ) van 1,65. De hoek van inwendige wrijving van de bestorting is gesteld op 35° . Een minimale laagdikte van $2 \cdot D_{n50, \text{gem}}$ is gehanteerd.

In de berekeningen is uitgegaan van standaard steengraderingen (conform NEN 13383). In Tabel 2-1 zijn de kenmerken van enkele graderingen weergegeven.

Tabel 2-1 Standaard steengraderingen

Gradering	$D_{n50, \text{min}}$ [m]	$D_{n50, \text{gem}}$ [m]
45/125 mm	0,053	0,067
63/180 mm	0,076	0,097
90/250 mm	0,104	0,135
5-40 kg	0,17	0,19
10-60 kg	0,21	0,24
40-200 kg	0,33	0,35

In deze notitie is uitgegaan van de bovenstaande standaardgraderingen. Uit de berekeningen volgt dan ook het een bepaalde minimaal toe te passen standaardgradering. In de uitvoering kan er worden gekozen voor een hogere standaardgradering of een minimaal gelijkwaardige alternatieve gradering. Hierbij dient rekening te worden gehouden met de toepassing op de filterconstructie en op de laagdikte (minimaal $2 \cdot D_{n50, \text{gem}}$).

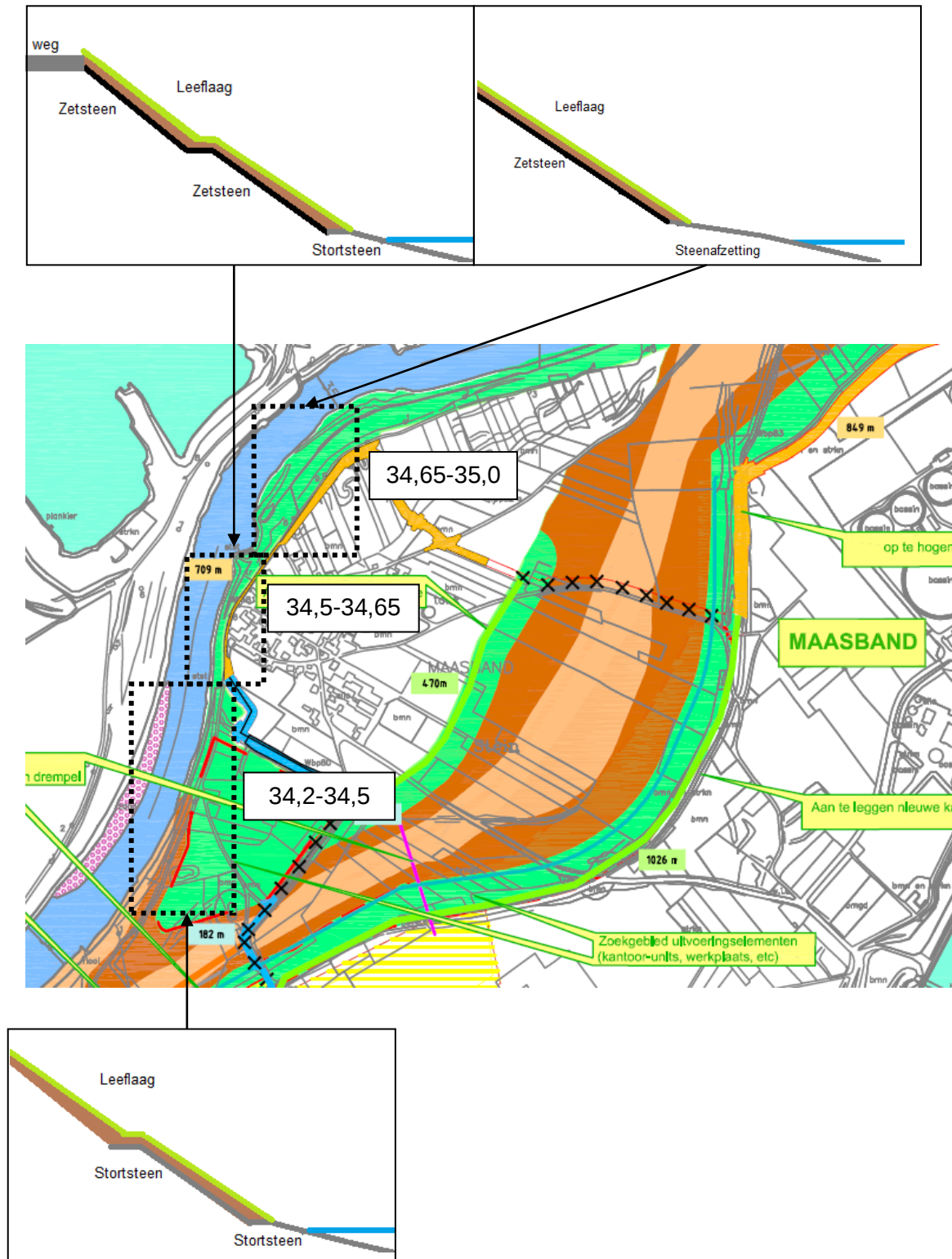
2.2.4 Levensduur

De levensduur van de constructie is 50 jaar.

3 SITUATIEBESCHRIJVING

3.1 Huidige oeverbescherming

Op 16-06-2015 heeft er een visuele inspectie plaatsgevonden van de aanwezige bestortingen op de oevers. In Bijlage I staat het fotoverslag van het bezoek. Op basis van dit bezoek is voor de secties 34,2-34,5, 34,5-34,65 en 34,65-35,0 het veronderstelde aanwezige dwarsprofiel bepaald (Figuur 3.1).



Figuur 3.1 Veronderstelde dwarsprofielen per locatie

3.2 Beoordeelde secties

Op traject rkm 34,2 - 34,4 is het achterliggende gebied aangeduid als onvergraven natuur. Op deze locatie wordt erosie toegestaan en zodoende is dit traject niet beoordeeld.

Uit notitie [DO-GM-ENG-230-2] Definitief ontwerp: Ontwerprapport dijkkring 86/87: Meers - Maasband is gebleken dat bij rkm 34,5 - 34,65 (het dorp) de taluds onvoldoende geotechnisch stabiel zijn. De taludhelling zal hier verflauwd moeten worden tot een maximale helling van 1:2,5. Bij deze helling zijn de oevers stabiel voor het faalmechanisme afschuiving. De nieuwe taluds worden bekleedt met stortsteen. Het startpunt van de stortsteenbekleding is net bovenstrooms van het dorp bij rkm 34,4, het eindpunt is bij de aansluiting op de veertrap.

Uit dezelfde notitie blijkt dat de taluds op traject rkm 34,65 - 35,0 in de huidige situatie voldoende stabiel zijn voor het faalmechanisme afschuiving. De taludhellingen op deze locatie hoeven derhalve niet gewijzigd te worden en de huidige oeverbescherming wordt beoordeeld.

4 ONTWERPMETHODIEK

4.1 Rekenregel (Pilarczyk)

De stabiliteit van de bestorting onder een stromingsbelasting is beoordeeld met formule van Pilarczyk:

$$D = \frac{\phi_{sc}}{\Delta} \frac{0.035}{\psi_{cr}} k_h k_{sl}^{-1} k_t^2 \frac{U^2}{2g}$$

waarin:

$$k_h = 2 / \left(\log^2(1 + 12h/k_s) \right)$$

De toelichting op de parameters staat in CIRIA C683 op pagina 649. Voor sommige parameters is een ontwerpkeuze gemaakt, deze parameters zijn hier kort toegelicht:

1. stabiliteitsfactor (Φ_{sc});
2. turbulentiefactor (k_t^2);
3. hellingsfactor (k_{sl});
4. ruwheidshoogte (k_s);
5. mobiliteitsfactor (ψ_{cr}).

1. Stabiliteitsfactor

De stabiliteitsfactor is 0,75 bij een doorgaande bestorting en 1,5 aan het einde van de bestorting. De bestorting begint bij 34,4 en eindigt nabij 34,6, daarom wordt daar met een factor 1,5 (SF=2) gerekend.

2. Turbulentiefactor

De turbulentiefactor k_t^2 is 1,0 tot 1,25 (turbulentie intensiteit $r = 0,1$ tot $0,15$) bij een normale stroming en bij een rivierbuitenbocht is de turbulentiefactor 1,5 ($r = 0,2$).

Van rkm 34,4 tot en met 34,5 bevindt het traject zich in een buitenbocht, derhalve wordt hier de turbulentiefactor van $r = 0,2$ toegepast. Vanaf rkm 34,6 bevindt het traject zich in een binnenbocht en wordt een turbulentiefactor van $r = 0,15$ toegepast.

De bodemruwheid (en dus de turbulentie) neemt toe bij een grotere steengradering. Als de berekende steengradering 10-60 kg of groter is, is daarom een toeslag van 10% op de turbulentie intensiteit (r) toegepast.

3. Hellingsfactor

De hellingsfactor is afhankelijk van de taludhelling en is per dijkprofiel bepaald.

4. Ruwheidshoogte

De ruwheidshoogte is een maat voor de ruwheid van de steenbestorting bij een gegeven waterdiepte. De ruwheidshoogte is 1 tot 3 keer de nominale diameter van de steenbestorting (D_{n50}). In de berekening is uitgegaan van een ruwheidshoogte van $2 \cdot D_{n50}$, conform Dikes And Revetments 1998. De D_{n50} komt overeen met de $D_{n50 \text{ min}}$ van de gekozen steengradering.

5. Mobiliteitsfactor

De mobiliteitsfactor is conform The Rock Manual gesteld op 0,035 (-).

De berekening kent twee 'slagen'. Bij de eerste slag is de ruwheidshoogte gekozen door een bepaalde gradering aan te nemen. Aan de hand van de uitkomst is in de tweede slag bepaald welke steengradering benodigd is en daar is de ruwheidshoogte op aangepast.

4.2 Invoer

De hydraulische en geometrische gegevens uit WAQUA zijn gebruikt als invoer voor de berekeningen, zoals beschreven in paragraaf 2.2.2. In de geometrie van WAQUA is het verflauwen van de taluds niet meegenomen. Om deze reden is in de berekening de taludhelling aangepast. De overige gegevens uit WAQUA zijn gelijk gelaten.

4.3 Berekeningsresultaten

In Tabel 4-1 zijn de berekeningsresultaten van de verschillende dwarsprofielen getoond.

Tabel 4-1 Berekeningsresultaten met aangepaste taluds

profiel	invoer				SF	Eerste 'slag'										Tweede 'slag'					
	locatie	snelheid m/s	water- diepte m	cot β 1:~		β	K _{s1}	k _s	K _h	r	kt	kr ²	dn50 m	e m	k _s	K _h	dn50 m	steengradering			
344	geul	2,34	9,70	1000,0	2,0	0,00	1,00	0,21	0,27	0,20	1,23	1,51	0,102	##	0,105	0,21	0,27	0,102	90/250 mm		
	ondertalud	2,23	9,18	1000,0	2,0	0,00	1,00	0,21	0,27	0,20	1,23	1,51	0,094	##	0,105	0,21	0,27	0,094	90/250 mm		
		2,07	8,69	2,5	2,0	0,38	0,76	0,34	0,32	0,20	1,23	1,51	0,127	##	0,170	0,34	0,32	0,127	5-40 kg		
	boventalud	1,9	7,46	2,5	2,0	0,38	0,76	0,21	0,29	0,20	1,23	1,51	0,096	##	0,105	0,21	0,29	0,096	90/250 mm		
		1,66	6,45	2,5	2,0	0,38	0,76	0,15	0,27	0,20	1,23	1,51	0,069	##	0,076	0,15	0,27	0,069	63/180 mm		
		1,46	4,87	2,5	2,0	0,38	0,76	0,11	0,27	0,20	1,23	1,51	0,052	##	0,053	0,11	0,27	0,052	45/125 mm		
		1,31	2,96	2,5	2,0	0,38	0,76	0,11	0,31	0,20	1,23	1,51	0,050	##	0,053	0,11	0,31	0,050	45/125 mm		
	1,18	2,48	2,5	2,0	0,38	0,76	0,11	0,33	0,20	1,23	1,51	0,043	##	0,053	0,11	0,33	0,043	45/125 mm			
345	geul	2,66	9,47	1000,0	1,0	0,00	1,00	0,15	0,24	0,20	1,23	1,51	0,060	##	0,076	0,15	0,24	0,060	63/180 mm		
	ondertalud	2,73	8,18	1000,0	1,0	0,00	1,00	0,15	0,25	0,20	1,23	1,51	0,066	##	0,076	0,15	0,25	0,066	63/180 mm		
		2,53	7,21	2,5	1,0	0,38	0,76	0,21	0,29	0,20	1,23	1,51	0,086	##	0,105	0,21	0,29	0,086	90/250 mm		
	boventalud	1,93	7,67	2,5	1,0	0,38	0,76	0,11	0,23	0,20	1,23	1,51	0,040	##	0,053	0,11	0,23	0,040	45/125 mm		
		1,74	4,57	2,5	1,0	0,38	0,76	0,11	0,27	0,20	1,23	1,51	0,038	##	0,053	0,11	0,27	0,038	45/125 mm		
		1,26	3,08	2,5	1,0	0,38	0,76	0,04	0,24	0,20	1,23	1,51	0,017	##	0,022	0,04	0,24	0,017	geen		
		0,86	3,14	2,5	1,0	0,38	0,76	0,04	0,23	0,20	1,23	1,51	0,008	##	0,022	0,04	0,23	0,008	geen		
		0,57	0,91	2,5	1,0	0,38	0,76	0,04	0,35	0,20	1,23	1,51	0,005	##	0,022	0,04	0,35	0,005	geen		
		0,41	0,51	2,5	1,0	0,38	0,76	0,04	0,44	0,20	1,23	1,51	0,003	##	0,022	0,04	0,44	0,003	geen		
	346	geul	2,92	10,03	1000,0	2,0	0,00	1,00	0,34	0,31	0,15	1,12	1,24	0,151	##	0,170	0,34	0,31	0,151	5-40 kg	
ondertalud		2,79	10,20	1000,0	2,0	0,00	1,00	0,34	0,31	0,15	1,12	1,24	0,137	##	0,170	0,34	0,31	0,137	5-40 kg		
		2,64	9,10	2,5	2,0	0,38	0,76	0,34	0,32	0,15	1,12	1,24	0,168	##	0,170	0,34	0,32	0,168	5-40 kg		
boventalud		2,46	6,96	2,5	2,0	0,38	0,76	0,34	0,35	0,15	1,12	1,24	0,160	##	0,170	0,34	0,35	0,160	5-40 kg		
		2,28	4,32	2,5	2,0	0,38	0,76	0,34	0,42	0,15	1,12	1,24	0,165	##	0,170	0,34	0,42	0,165	5-40 kg		
		2	3,32	2,5	2,0	0,38	0,76	0,34	0,47	0,15	1,12	1,24	0,141	##	0,170	0,34	0,47	0,141	5-40 kg		
		1,72	2,36	2,5	2,0	0,38	0,76	0,21	0,44	0,15	1,12	1,24	0,098	##	0,105	0,21	0,44	0,098	90/250 mm		
347	geul	2,49	8,30	1000,0	1,0	0,00	1,00	0,11	0,23	0,15	1,12	1,24	0,040	##	0,053	0,11	0,23	0,040	45/125 mm		
	voorland	2,33	7,79	4,9	1,0	0,20	0,94	0,11	0,23	0,15	1,12	1,24	0,038	##	0,053	0,11	0,23	0,038	45/125 mm		
		2,1	7,31	4,9	1,0	0,20	0,94	0,11	0,23	0,15	1,12	1,24	0,032	##	0,053	0,11	0,23	0,032	45/125 mm		
		1,85	6,76	4,1	1,0	0,24	0,91	0,04	0,19	0,15	1,12	1,24	0,020	##	0,022	0,04	0,19	0,020	geen		
		1,39	5,97	4,1	1,0	0,24	0,91	0,04	0,19	0,15	1,12	1,24	0,012	##	0,022	0,04	0,19	0,012	geen		
		1,34	5,03	4,1	1,0	0,24	0,91	0,04	0,20	0,15	1,12	1,24	0,012	##	0,022	0,04	0,20	0,012	geen		
		1,09	3,79	4,1	1,0	0,24	0,91	0,04	0,22	0,15	1,12	1,24	0,008	##	0,022	0,04	0,22	0,008	geen		
		0,82	2,57	4,1	1,0	0,24	0,91	0,04	0,25	0,15	1,12	1,24	0,005	##	0,022	0,04	0,25	0,005	geen		
		0,58	1,37	4,1	1,0	0,24	0,91	0,04	0,30	0,15	1,12	1,24	0,003	##	0,022	0,04	0,30	0,003	geen		
		0,33	0,52	4,1	1,0	0,24	0,91	0,04	0,43	0,15	1,12	1,24	0,001	##	0,022	0,04	0,43	0,001	geen		
		348	voorland	2,31	7,21	4,8	1,0	0,21	0,93	0,11	0,24	0,15	1,12	1,24	0,039	##	0,053	0,11	0,24	0,039	45/125 mm
			2,12	6,77	4,8	1,0	0,21	0,93	0,11	0,24	0,15	1,12	1,24	0,033	##	0,053	0,11	0,24	0,033	45/125 mm	
			1,93	6,15	4,8	1,0	0,21	0,93	0,04	0,19	0,15	1,12	1,24	0,022	##	0,022	0,04	0,19	0,022	geen	
			1,75	5,34	4,0	1,0	0,24	0,91	0,04	0,20	0,15	1,12	1,24	0,020	##	0,022	0,04	0,20	0,020	geen	
1,55	4,23		4,0	1,0	0,24	0,91	0,04	0,21	0,15	1,12	1,24	0,016	##	0,022	0,04	0,21	0,016	geen			
1,35	3,18		4,0	1,0	0,24	0,91	0,04	0,23	0,15	1,12	1,24	0,013	##	0,022	0,04	0,23	0,013	geen			
1,16	2,51		7,6	1,0	0,13	0,97	0,04	0,25	0,15	1,12	1,24	0,010	##	0,022	0,04	0,25	0,010	geen			
1	1,93		7,6	1,0	0,13	0,97	0,04	0,27	0,15	1,12	1,24	0,008	##	0,022	0,04	0,27	0,008	geen			
0,82	1,69		24,9	1,0	0,04	1,00	0,04	0,28	0,15	1,12	1,24	0,006	##	0,022	0,04	0,28	0,006	geen			
0,68	1,39		24,9	1,0	0,04	1,00	0,04	0,30	0,15	1,12	1,24	0,004	##	0,022	0,04	0,30	0,004	geen			
0,54	1,20	22,5	1,0	0,04	1,00	0,04	0,32	0,15	1,12	1,24	0,003	##	0,022	0,04	0,32	0,003	geen				
349	voorland	2,33	7,03	5,4	1,0	0,18	0,95	0,11	0,24	0,15	1,12	1,24	0,039	##	0,053	0,11	0,24	0,039	45/125 mm		
	2,22	6,71	5,4	1,0	0,18	0,95	0,11	0,24	0,15	1,12	1,24	0,036	##	0,053	0,11	0,24	0,036	45/125 mm			
	2,07	6,06	5,4	1,0	0,18	0,95	0,11	0,25	0,15	1,12	1,24	0,032	##	0,053	0,11	0,25	0,032	45/125 mm			
	1,92	5,54	10,1	1,0	0,10	0,99	0,04	0,20	0,15	1,12	1,24	0,021	##	0,022	0,04	0,20	0,021	geen			
	1,74	4,94	10,1	1,0	0,10	0,99	0,04	0,21	0,15	1,12	1,24	0,018	##	0,022	0,04	0,21	0,018	geen			
	1,55	4,41	10,1	1,0	0,10	0,99	0,04	0,21	0,15	1,12	1,24	0,015	##	0,022	0,04	0,21	0,015	geen			
	1,35	3,82	10,1	1,0	0,10	0,99	0,04	0,22	0,15	1,12	1,24	0,012	##	0,022	0,04	0,22	0,012	geen			
	1,17	3,24	9,5	1,0	0,10	0,98	0,04	0,23	0,15	1,12	1,24	0,009	##	0,022	0,04	0,23	0,009	geen			
	1,01	2,70	9,5	1,0	0,10	0,98	0,04	0,24	0,15	1,12	1,24	0,007	##	0,022	0,04	0,24	0,007	geen			
	0,84	2,15	9,5	1,0	0,10	0,98	0,04	0,26	0,15	1,12	1,24	0,005	##	0,022	0,04	0,26	0,005	geen			
	350	voorland	2,72	6,36	6,4	1,0	0,15	0,96	0,15	0,27	0,15	1,12	1,24	0,061	##	0,076	0,15	0,27	0,061	63/180 mm	
		2,65	5,63	6,4	1,0	0,15	0,96	0,15	0,29	0,15	1,12	1,24	0,060	##	0,076	0,15	0,29	0,060	63/180 mm		
2,56		5,01	11,5	1,0	0,09	0,99	0,11	0,26	0,15	1,12	1,24	0,050	##	0,053	0,11	0,26	0,050	45/125 mm			
2,46		4,48	11,5	1,0	0,09	0,99	0,11	0,27	0,15	1,12	1,24	0,048	##	0,053	0,11	0,27	0,048	45/125 mm			
2,33		3,97	11,5	1,0	0,09	0,99	0,11	0,28	0,15	1,12	1,24	0,045	##	0,053	0,11	0,28	0,045	45/125 mm			
2,21		3,46	11,5	1,0	0,09	0,99	0,11	0,30	0,15	1,12	1,24	0,042	##	0,053	0,11	0,30	0,042	45/125 mm			
2,11		3,02	11,5	1,0	0,09	0,99	0,11	0,31	0,15	1,12	1,24	0,040	##	0,053	0,11	0,31	0,040	45/125 mm			
2		2,55	10,5	1,0	0,09	0,99	0,11	0,33	0,15	1,12	1,24	0,039	##	0,053	0,11	0,33	0,039	45/125 mm			
1,67		2,05	10,6	1,0	0,09	0,99	0,04	0,27	0,15	1,12	1,24	0,022	##	0,022	0,04	0,27	0,022	geen			
1,3		1,58	10,6	1,0	0,09	0,99	0,04	0,29	0,15	1,12	1,24	0,014	##	0,022	0,04	0,29	0,014	geen			

5 ONTWERPBESCHRIJVING

In dit hoofdstuk wordt voor de verschillende secties het dijkprofiel beschreven. Hierbij is het tracé in twee delen opgedeeld.

De eerste sectie beslaat rkm 34,4 - 34,65 (tot de veertrap), waar de taluds worden verflauwd tot een helling van 1:2,5. Het verflauwde talud wordt bekleed met stortsteen. De steengrootte van deze bestorting volgt uit de berekening, zoals getoond in paragraaf 4.3.

De tweede sectie beslaat rkm 34,65 - 35,0, waar de taluds niet worden verflauwd. Bij deze sectie is beoordeeld of versterking van de oeverbescherming nodig wordt geacht, volgend uit de berekening in paragraaf 4.3.

In Bijlage II is de ontwerptekening opgenomen.

5.1 Sectie rkm 34,4 - 34,65

In notitie [DO-GM-ENG-230-2] Definitief ontwerp: Ontwerprapport dijkkring 86/87: Meers - Maasband is beschreven dat de taluds bij rkm 34,5 tot 34,65 onvoldoende stabiel zijn. De taludhelling worden daarom verflauwd tot een maximale helling van 1:2,5, waarbij deze oevers stabiel zijn. Op deze verflauwing wordt een stortsteenbekleding aangebracht om het talud te beschermen tegen erosie door optredende stroomsnelheden. Deze bekleding wordt gestart bij rkm 34,4. Stroomopwaarts van 34,4 is er een brede strook onvergraven natuur aanwezig tussen de geul en de dijk, welke mag eroderen. Vanaf 34,4 is deze strook smaller en is erosie ongewenst.

Uit de berekeningen in paragraaf 4.3 volgen de steensorteringen, welke zijn getoond in Tabel 5-1. In het werk kan er voor gekozen worden om een grotere of minimaal gelijkwaardige gradering toe te passen.

Tabel 5-1 Berekende bestorting verflauwde taluds rkm 34,4 - 34,6

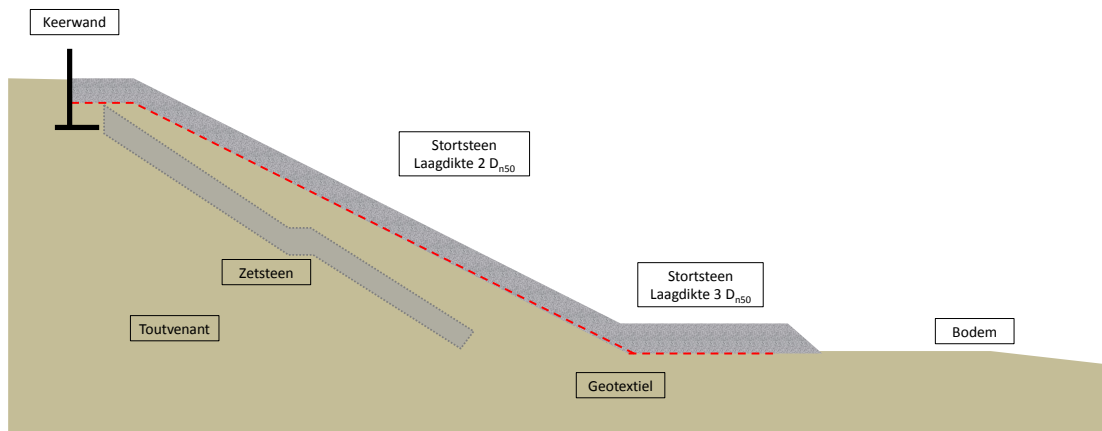
Profiel	Benodigde steengradering
34,4	5-40 kg
34,5	90/250 mm
34,6	5-40 kg

Uit praktische overwegingen is er voor gekozen om rkm 34,4 - 34,65 met een steengradering 5-40 kg te bekleden met een minimale laagdikte van 0,38 m.

5.1.1 Ontwerpprofiel

Bij sectie 34,4 - 34,65 worden de taluds verflauwd. Hiertoe dient het talud geprofileerd te worden, waarbij de aanwezige leeflaag wordt afgegraven. Vervolgens wordt het talud geprofileerd, met een aanvulling van toutvenant waar nodig. Hierna wordt het geotextiel geplaatst, gevolgd door de bestorting. Bij sectie 34,5 - 34,65 is er onder de leeflaag een zetsteenbekleding aanwezig. Deze bekleding wordt bij het verflauwen van de taluds zoveel mogelijk intact gelaten. De nieuwe bekleding wordt dus bovenop de bestaande zetsteenbekleding aangebracht, met een tussenlaag van toutvenant. Het ontwerpprincipe is getoond in Figuur 5.1.

De bovenkant van de teenconstructie wordt op een niveau van NAP + 27 m aangelegd. In het ontwerp is de teenconstructie uitgevoerd als een 'falling apron', waarbij op enige ontgronding voor de teenconstructie is geanticipeerd. Hierbij is een laagdikte van $3 \cdot D_{n50, \text{gem}}$ gehanteerd, in plaats van de $2 \cdot D_{n50, \text{gem}}$ op het talud.



Figuur 5.1 Ontwerpprincipe Maasband

5.1.2 Geotextiel

Om uitspoeling van de ondergrond te voorkomen, wordt een geotextiel aangebracht onder het stortsteen. De specificaties van dit geotextiel zijn bepaald met behulp van de vereenvoudigde methode gebaseerd op [CUR 205].

De volgende uitgangspunten zijn gebruikt:

- ondergrond bestaat uit (zandig) grind;
- maximale storthoogte is 2 m [CUR 205];
- geotextiel wordt zonder zinkstuk aangebracht.

Hieruit volgen de volgende specificaties voor het geotextiel conform [CUR 205]:

- de afzonderlijke banen geotextiel zijn 5,00 m breed met een maximale afwijking van +/- 0,10 m;
- de treksterkte in 2 richtingen ≥ 35 kN/m voor een weefsel en ≥ 15 kN/m voor een vlies;
- de breukrek van het geotextiel ≥ 40 %;
- de maximale openingsgrootte het geotextiel $O_{90} = 0,300$ mm;
- de reststerkte na 50 jaar, rekeninghoudend met een RF_{ID} van 1,5 en een RF_{CH} van 1,3, is minimaal 50 % van de korte duursterkte (indexwaarde).

Aanvullend worden de volgende eisen gesteld:

- waterdoorlatendheid $V_{index} > 10^{-2}$ m/s conform ISO 11058;
- de overlap tussen de verschillende banen dient ten minste 0,5 m te zijn.

5.1.3 Aansluitingen

Kruinelement

Ter plaatse van het dorp wordt op de kruin een L-wand toegepast, zodat de kerende hoogte van de dijk toekomstbestendig is. De stortsteenbekleding wordt tegen deze keerconstructie aangelegd. De precieze afwerking van de keerwand (bijvoorbeeld met een bakstenen muur) wordt in een later stadium bepaald.

Bovenstroomse aansluiting

Bovenstrooms van de bestorting (bij rkm 34,0) wordt er aangesloten op oevers zonder steenbekleding. De bovenkant van de bekleding sluit hier aan op het maaiveld, zodat

de stenen steun hebben aan de naastgelegen grond. Het stortsteen wordt aan het begin van de bestorting 2 m verder doorgetrokken ten opzichte van het geotextiel. Hiermee wordt voorkomen enige erosie direct leidt tot het bloot liggen van het geotextiel.

Benedenstroomse aansluiting

Benedenstrooms van de bestorting bevindt zich nabij rkm 34,65 een historische veertrap. Naast de veertrap is een zetsteenbekleding aanwezig. De bestorting wordt op deze zetsteenbekleding aangesloten. Hierbij wordt de bovenkant van de bestorting op hetzelfde niveau aangelegd als de naastgelegen zetsteen.

De veertrap loopt niet door tot onderaan het talud. De bestorting wordt wel doorgetrokken tot in de geul. De bovenkant van de bekleding sluit hier aan op het maaiveld, zodat de stenen steun hebben aan de naastgelegen grond.

Tussen rkm 34,65 en de veertrap wordt een vloeiende overgang gecreëerd om het hoogteverschil tussen de profielen te overbruggen.

Overstortleiding

Nabij rkm 34,63 komt een kleine overstortleiding uit het talud. Het is nog niet duidelijk of de huidige leiding behouden blijft, of dat deze wordt vervangen. Derhalve is er nog geen definitief ontwerp voor deze aansluiting. Het 2 m rondom ingieten van de overgang tussen het stortsteen met beton, zorgt voor een grondichte oplossing. Wanneer er duidelijkheid is over de overstortleiding, kan deze oplossing voor de aansluiting eventueel worden gewijzigd.

5.1.4 Werkfasering

Voor het realiseren van de verflauwing en versterkingsmaatregel is een concept werkfasering opgesteld. De werkzaamheden bestaan uit:

- aanleggen werkweg;
- afgraven leeflaag en zetsteen (waar nodig) en verwijderen stortsteen;
- verflauwen en profileren talud d.m.v. aanbrengen toutvenant;
- aanbrengen geotextiel;
- aanbrengen stortsteen.

5.2 Sectie rkm 34,65 - 35,0

Op basis van de aangetroffen en de berekende bestorting is een inschatting gemaakt of er versterking nodig is ter plaatse van de verschillende profielen. De resultaten zijn samengevat in Tabel 5-2. Hierbij zijn de observaties tijdens het locatiebezoek in bijlage I gebruikt. Wanneer op of vlak onder het taludoppervlak een bepaald type bekleding is aangetroffen, is aangenomen dat deze bekleding zich verder onder het oppervlak een goed onderhouden doorlopende bekleding van dat type bevindt.

Tabel 5-2 Vergelijking aangetroffen bekleding en berekende bestorting

Profiel	locatie	aangetroffen bekleding	berekende bestorting	versterking nodig geacht?
34,7	voorland	steenafzetting	45/125 mm	nee
	boventalud	gras	geen	nee
34,8	voorland	steenafzetting	45/125 mm	nee
	boventalud	gras	geen	nee

34,9	voorland	steenafzetting	45/125 mm	nee
	boventalud	gras	geen	nee
35,0	voorland	steenafzetting	63/180 mm	nee
	boventalud	gras	geen	nee

BIJLAGE I Fotoverslag veldbezoek

Tracé 1: Stroomopwaarts van Maasband (rkm. 34,2-34,5)

Dit tracé is vanaf de drempel bekeken, welke zich ter hoogte van rkm. 34,2 bevindt. De oever tussen rkm. 34,2 en 34,3 zullen deels worden afgegraven in verband met de stroomgeulverbreding van de Maas. Tussen rkm. 34,3 en 34,5 is enige erosie toegestaan, aangezien dit valt binnen de onvergraven natuur. Enige erosie heeft hier geen effecten op de hoogwaterveiligheid.



Figuur II-1 Watersprong bij 34,2



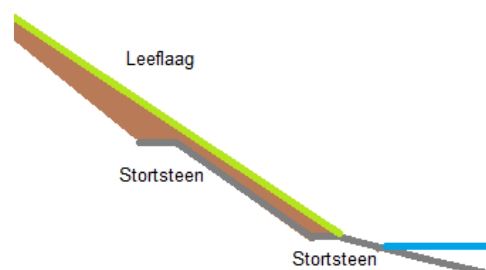
Figuur II-2 Inham bij 34,2 met steile wand door afslag

Achter de watersprong bevindt zich aan de Nederlandse zijde veel steenafzetting. De grote stenen hebben een doorsnede van zo'n 30-40 cm, maar het overgrote deel zijn keien van zo'n 10 cm. Naast de brede strook stenen is een steile wand in het profiel welke door afslag lijkt te zijn ontstaan (Figuur II-2). Hier is ook veel begroeiing aanwezig.

Na de brede strook achter de watersprong zijn van 34,3 - 34,5 soortgelijke stenen te vinden maar over een smallere strook (Figuur II-3). Na deze strook vormt zich een talud, waar zich tussen de begroeiing nog veel stenen bevinden van. Deze stenen liggen tot op een hoogte van zo'n 2 m onder de kruin van de dijk. Gezien de hoekige stenen, lijkt het hier te gaan om aangebracht stortsteen. Ook hier zijn op het talud wat afslagplekken te zien, maar niet in de mate zoals die achter de watersprong optreedt.



Figuur II-3 Vanaf 34,4 kijkend richting 34,5



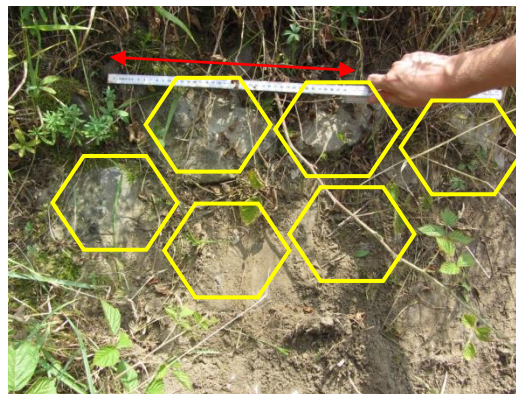
Figuur II-4 Schematisatie mogelijke opbouw profiel 34,2-34,5

Tracé 2: Dorpskern Maasband (rkm. 34,5-34,65)

Het dorp Maasband bevindt zich tussen rkm. 34,5 en 34,65 in de buitenbocht van de Grensmaas.



Figuur II-5 Vanaf 34,5 kijkend richting 34,2



Figuur II-6 Zetsteen op driekwart van het talud bij 34,5 (rode pijl = 40 cm)

Op dit tracé ligt onderaan het talud een goede steenbestorting wat een 10-60 kg grade-ring met een laagdikte van twee maal de steendiameter lijkt te zijn (Figuur II-5). Hierna begint een steil talud met veel begroeiing. Boven de stortsteen wordt zetsteen aangetroffen. De zetsteen is gedeeltelijk bedekt met een laag slib en begroeiing. Hierdoor is het nu niet mogelijk te controleren of de zetsteen ook vlakdekkend is en de hele oever beschermd is. Gelet op het profiel van de oever dat geen onregelmatigheden door uitspoeling vertoont kan worden aangenomen dat de oever door zetsteen wordt beschermd. (Figuur II-6 en Figuur II-7). De gele zeshoeken in de figuren geven de locatie van de verschillende stenen aan, die door het zand wat slecht zichtbaar zijn. Hierdoor bestaat het vermoeden dat bij dit tracé een zetsteenbekleding aanwezig is onder de leeflaag. Het zetsteen is tot aan de kruin van de dijk aangetroffen.



Figuur II-7 Zetsteen bovenaan talud bij 34,5



Figuur II-8 Vanaf 34,5 kijkend richting 34,2

Het talud van de dijk is ongeveer 1:2 waarvan wordt gedacht dat hier zetsteen onder ligt. In Figuur II-8 is te zien dat op een groot gedeelte van het talud het gewas sterker verdroogd en meer gelig verkleurd is. Dit kan erop duiden dat hieronder het zetsteen ligt, waardoor er minder water beschikbaar is in de ondergrond. Er zou verder onderzocht kunnen worden of het zetsteen daadwerkelijk op de gehele dijk aanwezig is.

Opmerkelijk aan dit tracé is het zeer steile talud bovenaan de dijk welke bijna 1:1 draagt. Het gaat hier om grofweg de bovenste twee meter van de dijk.

Bij 34,65 bevindt zich een uitgraving voor een veertrap, hierdoor is de opbouw van het onderste deel van het talud goed zichtbaar (Figuur II-9). Dit leidt tot de vermoedelijke opbouw van het dijkprofiel bij het dorp Maasband in Figuur II-10.



Figuur II-9 Doorsnede talud, zetsteen boven de gele lijn met daarboven de leeflaag



Figuur II-10 Schematisatie mogelijke opbouw profiel 34,5-34,65

Tracé 3: Stroomafwaarts van Maasband (rkm. 34,65-35,0)

Het dorp Maasband stopt rond rkm. 34,65. Vanaf dit punt gaat de buitenbocht over in een binnenbocht.

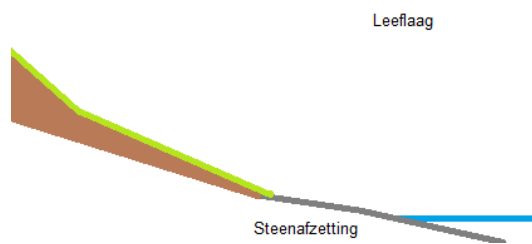
Bij rkm. 34,65 is recent een oude veertrap vrijgegraven. Naast deze trap is dezelfde zetsteenbekleding aangetroffen zoals deze ook op het talud bij het dorp is gevonden. Deze bekleding loopt in ieder geval tot 2 meter naast het pad door en verdwijnt daarna onder de leeflaag (Figuur II-11). Verder stroomafwaarts bevindt zich in de binnenbocht een zeer breed voorland waarop veel natuurlijke steenafzetting is (Figuur II-12). Hogerop het talud is de dijkverhoging van 1995 zichtbaar. Op dit hogergelegen deel is geen harde bekleding aangetroffen. De vermoedelijke profielopbouw is weergegeven in Figuur II-13.



Figuur II-11 Veertrap met zetsteen erlangs bij 34,6

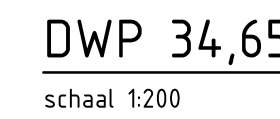
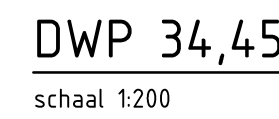


Figuur II-12 Voorland met steenafzetting van maaskeien bij 34,7



Figuur II-13 Schematisatie mogelijke opbouw profiel 34,65-35,0

BIJLAGE II Ontwerptekening oeverbescherming



- OPMERKINGEN**
MATEN IN m, TENZIJ ANDERS AANGEGEVEN
HOOGTEMAATVOERING IN m T.O.V. N.A.P.



Definitief ontwerp
Oeverbestorting Maasband
Situatie en doorsneden

Witt ve n **Bos**
 Postbus 233
 3400 AE Deventer
 Telefoon 0570 69 19 11
 Telefax 0570 69 11 44

Gefekend	M. Koenders	Schaal	Zie tek.
Gecontroleerd	L. de Gier	HEEL 14-27-2704	
Goedgekeurd	L. den Herder	Formaat	A0
Datum	28-06-2016		

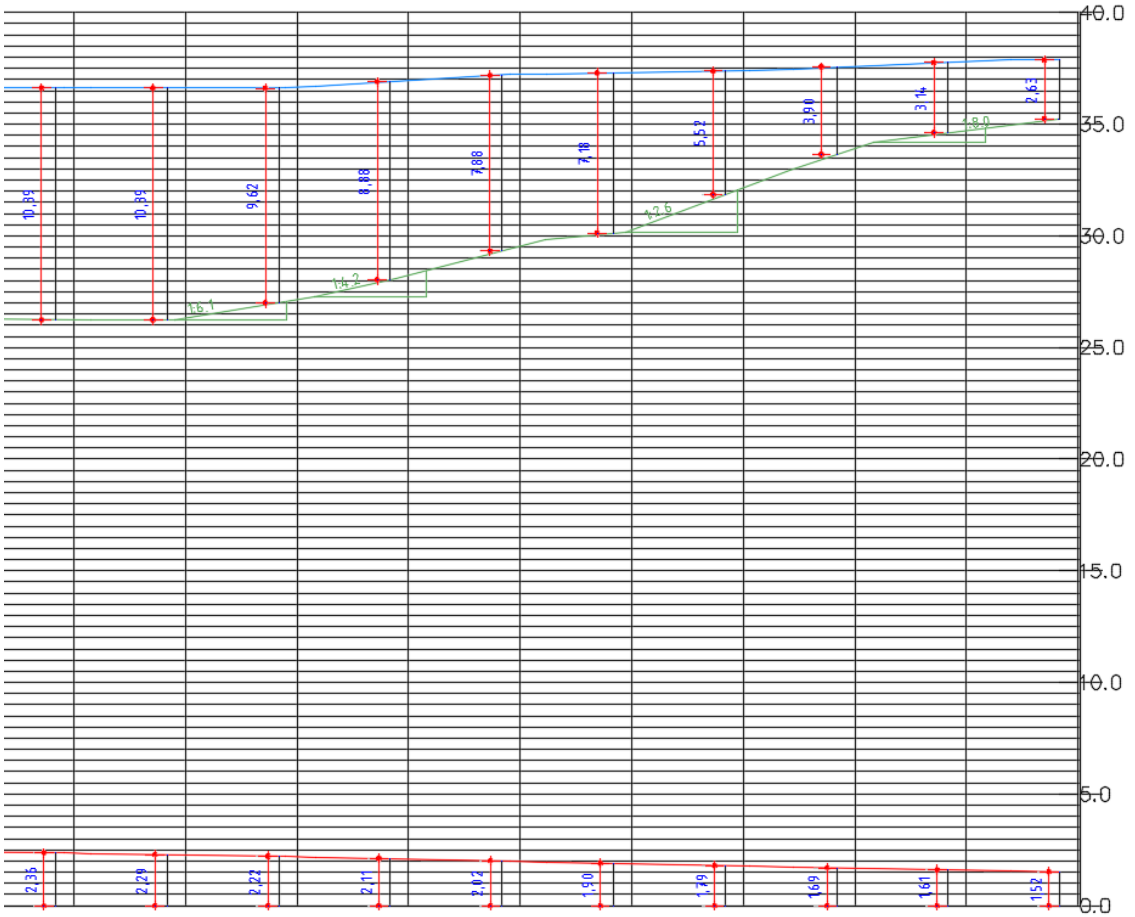
BIJLAGE III Hydraulische condities WAQUA per dwarsprofiel

In deze bijlage zijn de resultaten uit het WAQUA model over de dwarsprofielen gelegd. Hier is vervolgens per dwarsprofiel een plot gemaakt, zodat het goed inzichtelijk is welke hydraulische condities op welk punt op het profiel van toepassing zijn. Omdat de uitvoerpunten van WAQUA niet exact op de dwarsprofielen liggen, is tussen deze punten geïnterpoleerd om tot de hydraulische condities op het dwarsprofiel te komen. Dit is gedaan door in CAD (Civil3D) tussen de WAQUA uitvoerpunten een 'surface' te creëren. Vervolgens kan op elk willekeurig punt de geïnterpoleerde WAQUA uitvoer bekeken worden.

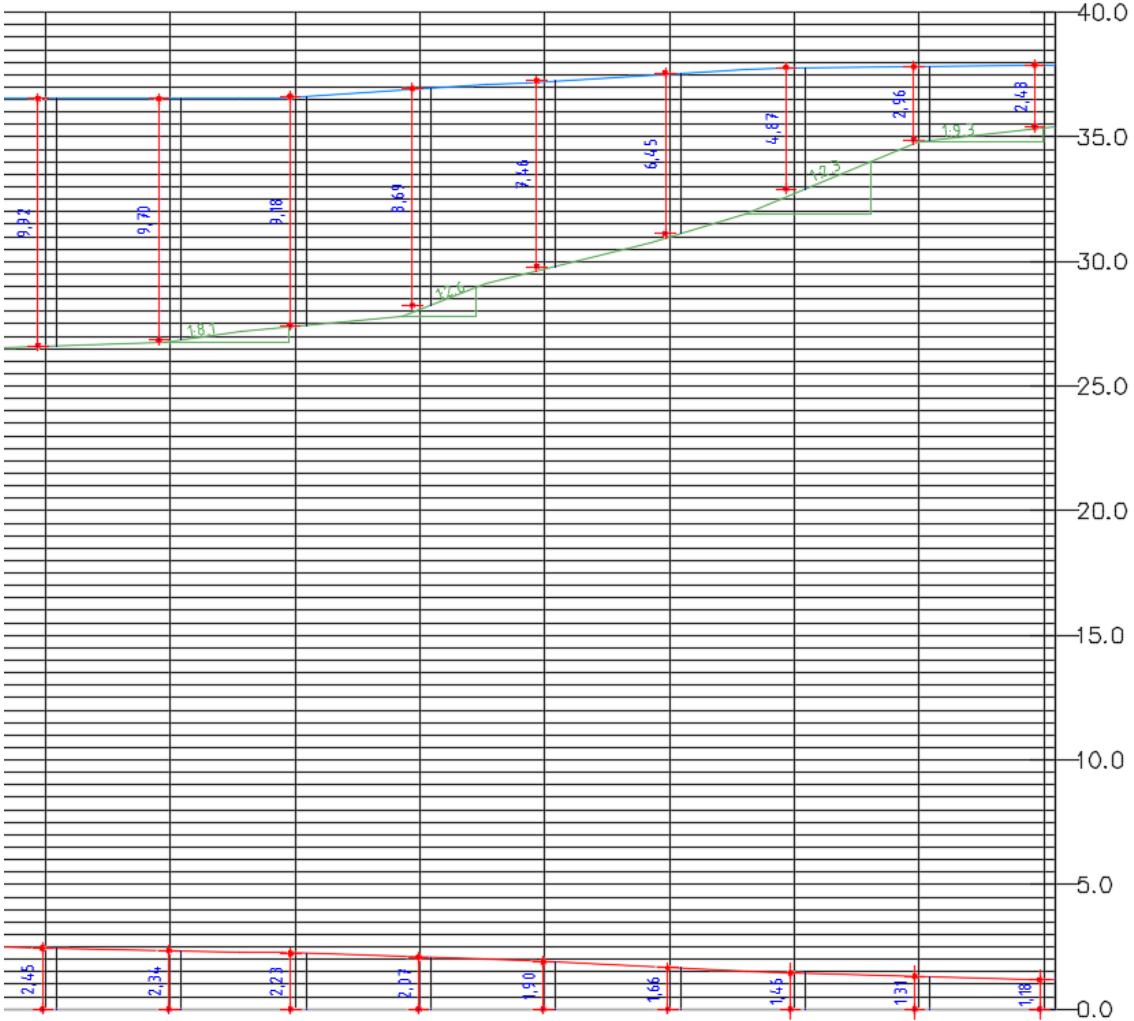
In de dwarsdoorsneden is om de 5 m een punt gedefinieerd, waarop de hydraulische randvoorwaarden zijn bepaald. Verder is de taludhelling van het bodemprofiel bepaald. In de dwarsprofielen zijn de volgende lijnen weergegeven:

- De blauwe lijn is de waterstand [m] t.o.v. NAP uit WAQUA;
- De groene lijn is de bodemhoogte [m] t.o.v. NAP uit WAQUA;
- De rode lijn is de stroomsnelheid in [m/s] uit WAQUA.

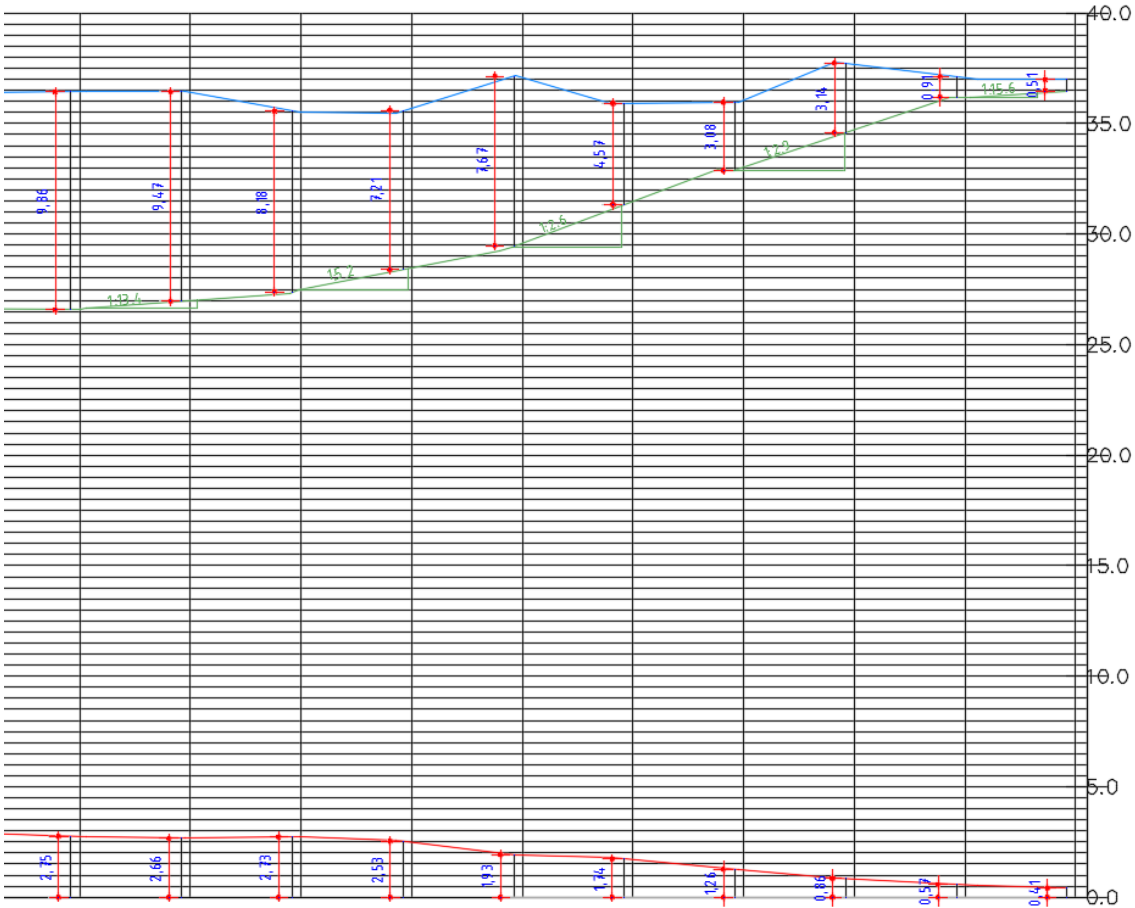
Profil 34,3



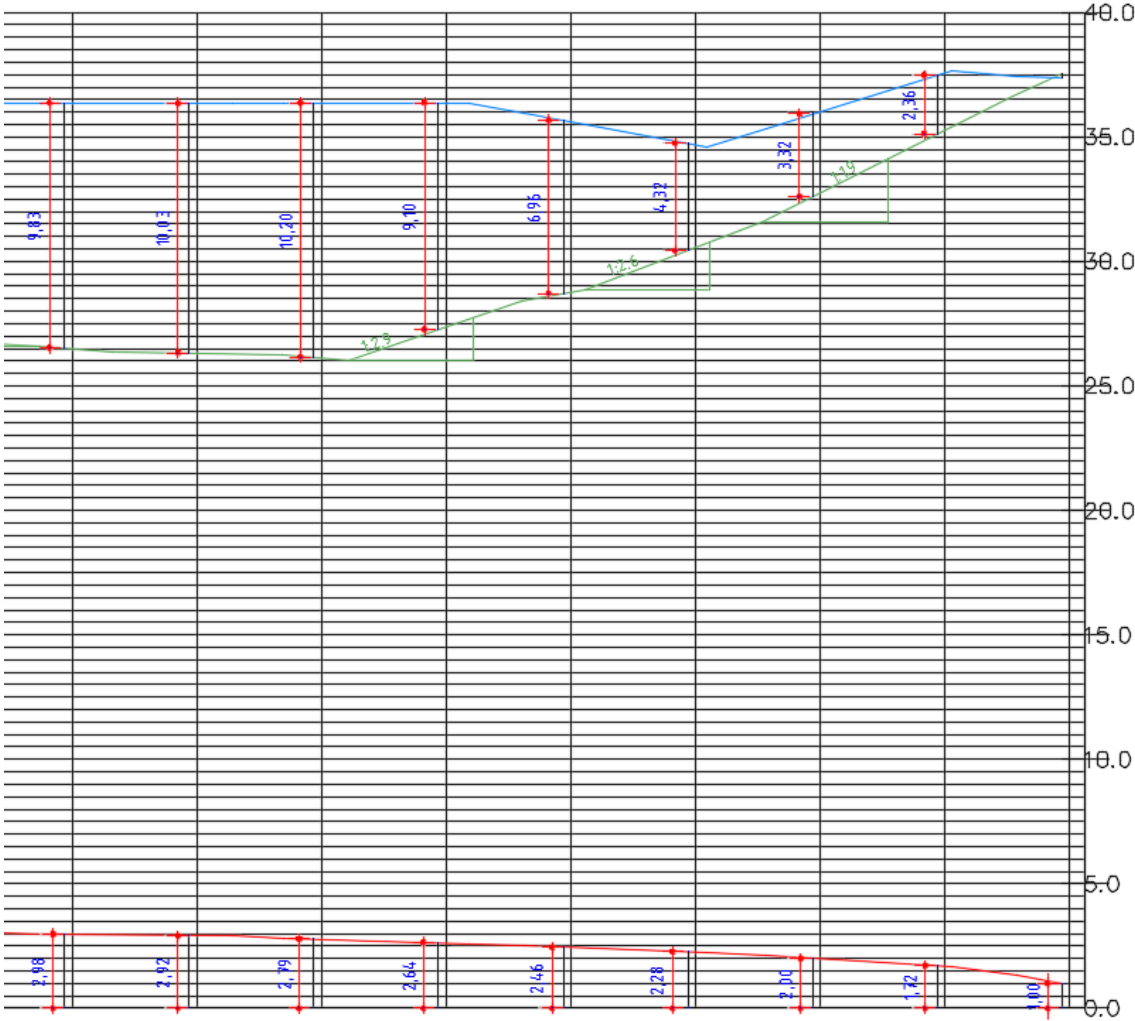
Profiel 34,4



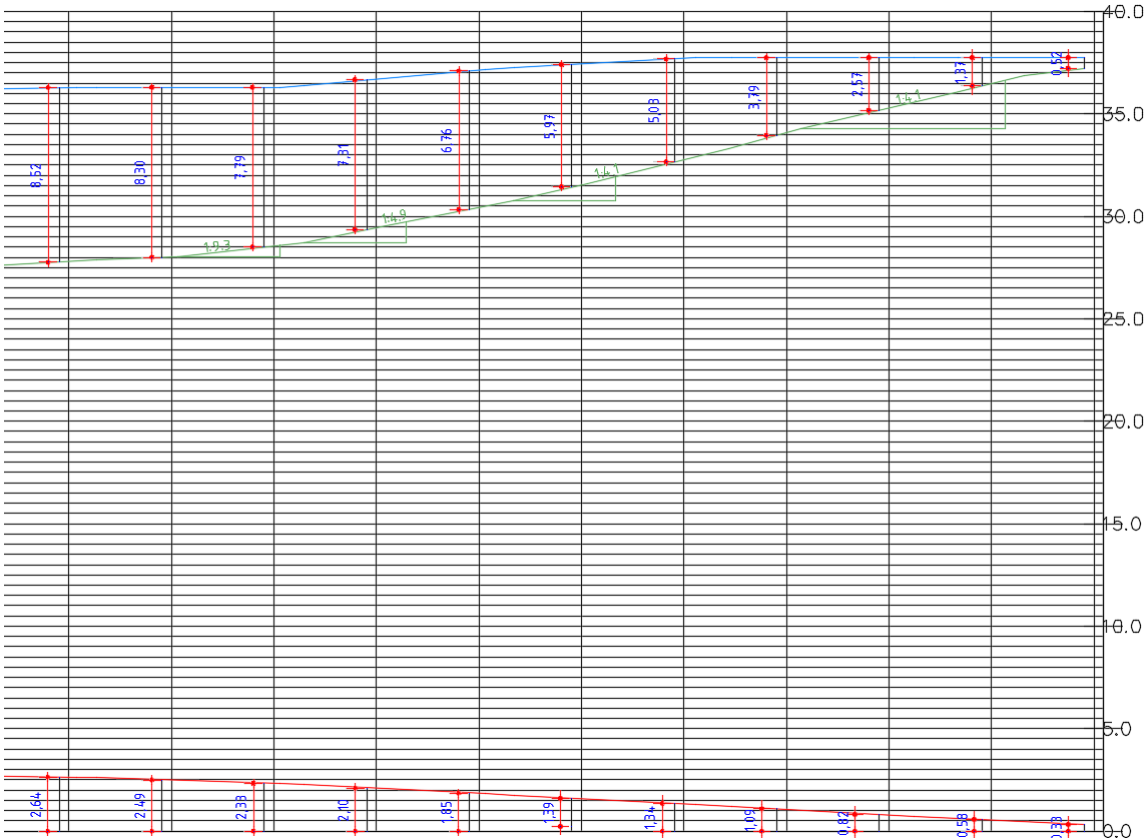
Profil 34,5



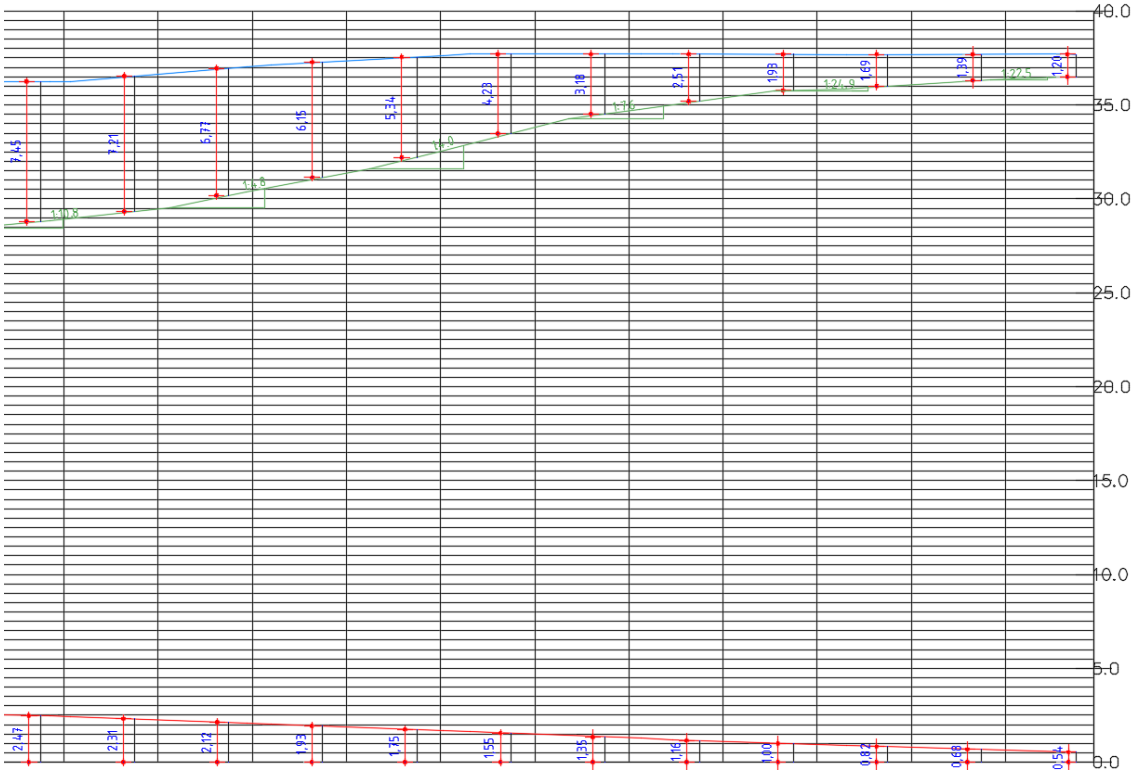
Profiel 34,6



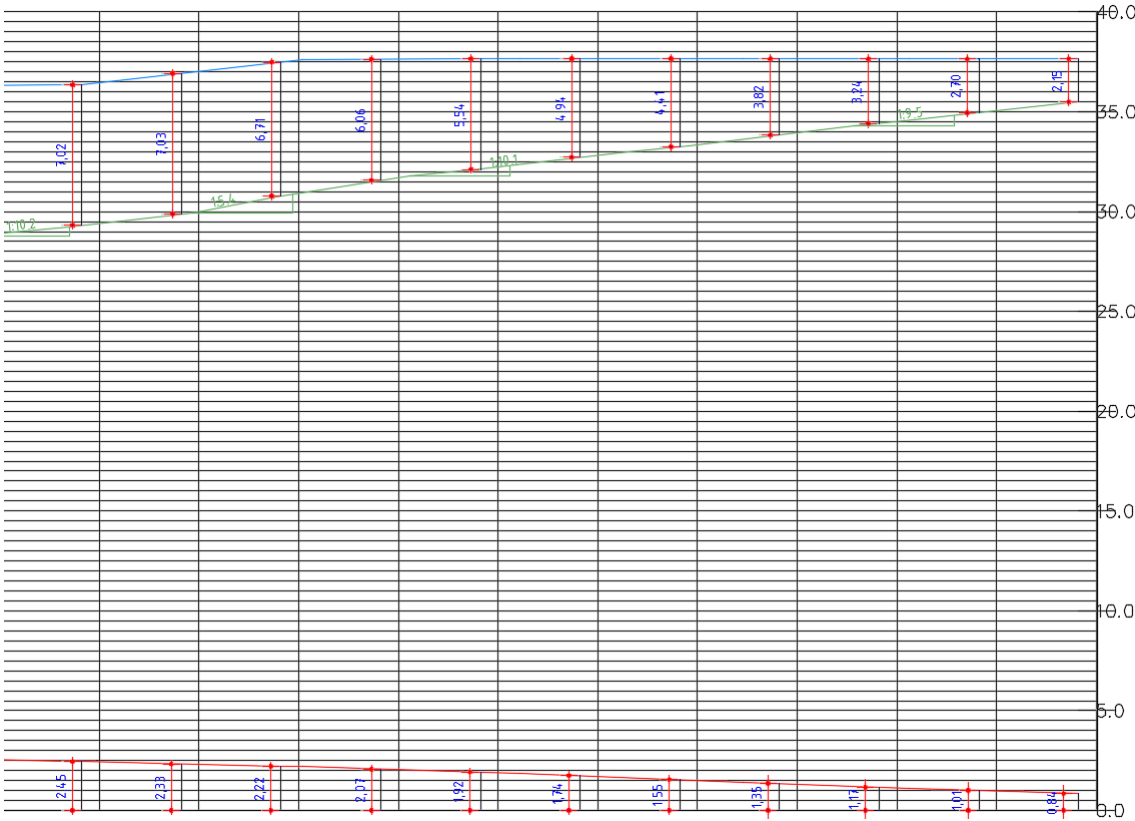
Profiel 34,7



Profil 34,8



Profil 34,9



Profil 35,0

