

DEEL II - INHOUDSTAFEL

1.	BESLISSINGSTABEL VOOR CONCEPTEN VOOR NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGEN EN INRICHTING VAN ONBEVAARBARE WATERLOPEN	2
1.1	Algemeen	2
1.2	Gebruik	2
1.3	Aanpassingen	2
2.	CONCEPTMATIGE BESCHRIJVING VAN NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGEN EN INRICHTING VAN ONBEVAARBARE WATERLOPEN	8
2.1	Inleiding	8
2.2	Beschrijving concepten	8
2.2.1	Methodiek en definities	8
2.2.2	Determinerende standplaatsfactoren van belang bij natuurvriendelijke oeverinrichting	8
2.2.3	Stabiliteit van natuurvriendelijke oevers	11
2.2.4	Benaderingswijze	16
	HOOFDCONCEPT 1: OEVERBESCHERMING HOGE VERTICALE TOT STEILE OEVERS	17
1.1	Bescherming teen tegen erosie	17
	Concept 1.1.1 Gedeeltelijke bescherming met houten palenrijen	18
	Variant 1.1.1.1: Gedeeltelijke bescherming met houten palenrijen onder een scherpe hoek	20
	Variant 1.1.1.2: Gedeeltelijke bescherming met houten palenrijen en gebruik van bundels hakhout van wilg achter palenrij	21
	Concept 1.1.2 Gevlochten wilgentenen tussen palenrijen	22
	Concept 1.1.3 Houten wand opgebouwd uit boomstammen	24
	Concept 1.1.4 Gebruik van kokosrollen al of niet voorbeplant met oeverplanten	25
	Concept 1.1.5 Gebruik van wiepen (wilgenrollen)	26
	Concept 1.1.6 Gebruik van vierkante kokoselementen (kokoswal)	27
1.2	Bescherming oevertalud tegen erosie	28
	Concept 1.2.1 Oeverbescherming d.m.v. houtmatten	28
	Concept 1.2.2 Oeverbescherming d.m.v. aanplant van aangepaste boomsoorten	29
	Concept 1.2.3 Gebruik van kokosrollen met beplanting ("Hangvorbau")	30
	Concept 1.2.4 Gebruik van natuurlijke geotextielen	31
	Concept 1.2.5 Oeverbescherming met wilgentenen op een biodgradeerbaar geotextiel	33
	HOOFDCONCEPT 2 OEVERBESCHERMING NORMALE TOT ZEER FLAUWE OEVERS	34
2.1	Bescherming teen tegen erosie	35
	Concept 2.1.1 Oeverbescherming door middel van kruidachtige planten	35
	Concept 2.1.2 Oeverbescherming met beplante kokosrollen	36
	Concept 2.1.3 Gebruik van kokosrollen met beplanting van bosgoed en heesters	37
	Concept 2.1.4 Oeverbescherming met takkenbossen van wilgen of andere, inheemse houtsoorten tussen palen	37
2.2	Bescherming oevertalud tegen erosie	38
	Concept 2.2.1: Oeverbescherming door middel van kruidachtige planten	40
	Concept 2.2.2 Oeverbescherming door middel van aanplant van Wilgen, Zwarte els of andere, inheemse loofbomen	41
	Concept 2.2.3 Gebruik van biodegradeerbare geotextielen (met of zonder voorbeplanting)	42
	Concept 2.2.4 Gebruik van biodegradeerbare geotextielen (zonder beplanting)	44
	HOOFDCONCEPT 3 NATUURLIJKE INRICHTING VAN WATERLOPEN	45
3.1	Verbrede profielen	45
	Concept 3.1.1 Aanleg van plasbermen	46
	Concept 3.1.2 Aanleg van drasbermen	48
	Concept 3.1.3 Aanleg van flauwe taluds	49
3.2	Meandering	50

1. Beslissingstabel voor concepten voor natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen en inrichting van onbevaarbare waterlopen

1.1 Algemeen

De beslissingstabel is onderverdeeld in twee delen. Er wordt voorafgaandelijk, door middel van een flowchart nagegaan of de oever in aanmerking komt voor natuurvriendelijke oeververdediging. Indien dit het geval is, wordt onderscheid gemaakt tussen verstevigingen van de teen (tabel 1) en de verstevigingen van de talud (tabel 2). Om de talrijke concepten te kunnen combineren met een zo groot mogelijk aantal standplaatsfactoren, werd geopteerd voor een matrixvorm, eerder dan voor een flow-chart.

Beide tabellen hebben dezelfde opbouw. De concepten naar waar wordt verwezen, zijn deze beschreven in het deel 'Conceptmatige beschrijving van natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen en inrichting van onbevaarbare waterlopen'. De standplaatsfactoren werden telkens opgedeeld in drie intervallen. Deze vereenvoudiging was nodig om tot een bruikbaar geheel te komen en is gebaseerd op de cijfers die voorkomen in de conceptnota.

1.2 Gebruik

Voorafgaandelijk wordt bepaald of het gaat over een teenversteviging, dan wel om een taludversteviging. Hieruit leidt men af welke tabel moet worden gebruikt.

Voor elke standplaatsfactor kan worden afgelezen welke concepten voldoen. Bij een **combinatie van een aantal standplaatsfactoren** komt men zo tot één of meerdere concepten die voldoen. Bovendien kan men uit de tabel aflezen binnen welke grenzen de andere -niet gekende- standplaatsfactoren zich moeten bevinden opdat het concept bruikbaar is.

Het gekozen systeem laat dus toe om in elk geval tot een besluit te komen, onafhankelijk van het feit of alle standplaatsfactoren gekend zijn.

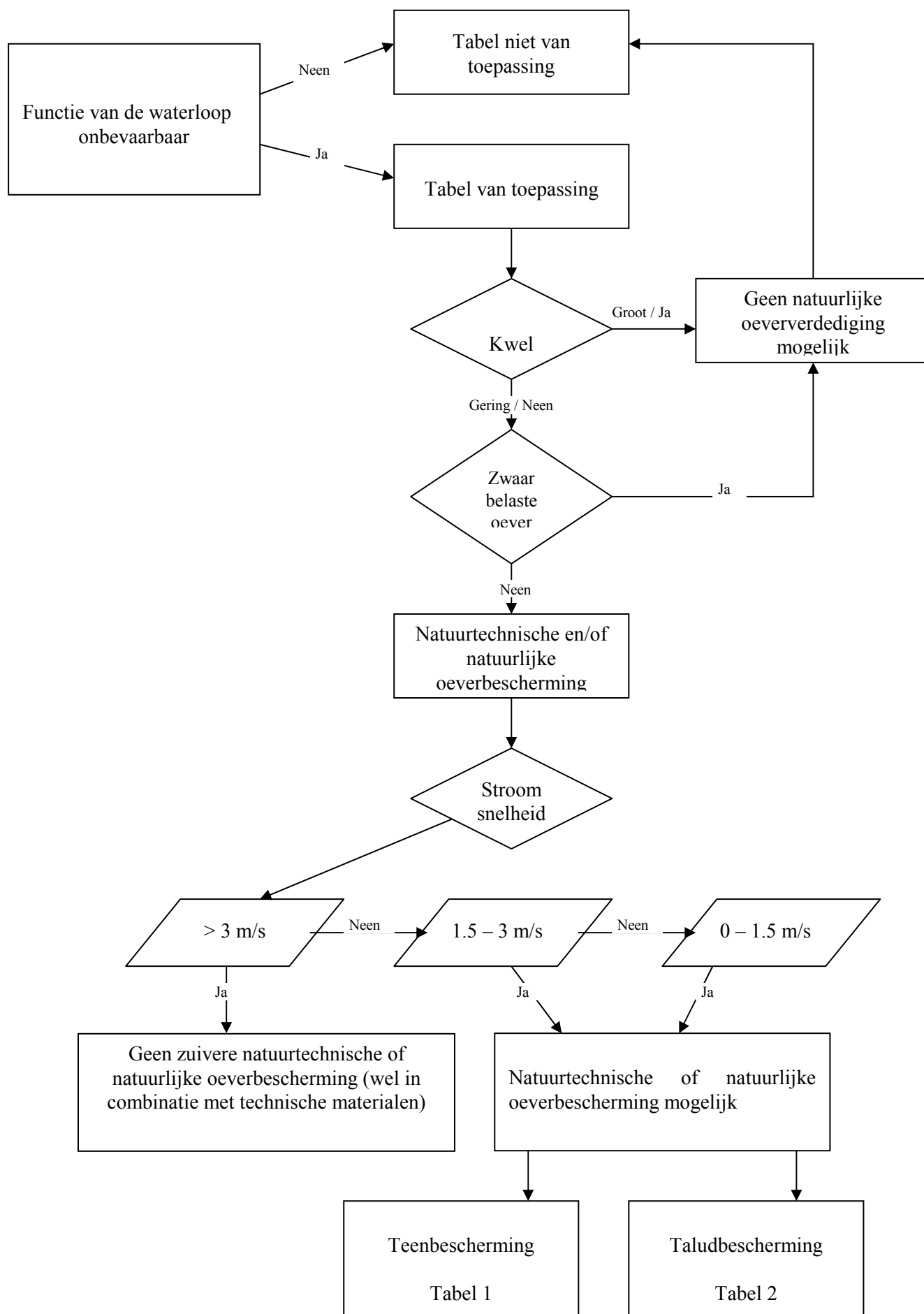
Het feit dat verschillende concepten tegelijk als resultaat kunnen worden gevonden, geeft de ontwerper de nodige vrijheid om zelf, afhankelijk van andere randvoorwaarden zoals kostprijs, beschikbaarheid van materialen, etc. een keuze te bepalen. De ontwerper heeft ook de mogelijkheid zelf prioriteiten te stellen.

Het gekozen systeem laat ook toe om voor **een gekozen concept** na te gaan of het voldoet of aan welke standplaatsfactoren moet worden voldaan.

Wanneer zowel teen- als taludversteviging moeten worden toegepast, kan men verschillende **ontwerpcombinaties** bekomen. Ook hier krijgt de ontwerper de nodige vrijheid om een geschikte combinatie voor te schrijven.

1.3 Aanpassingen

Het gekozen systeem laat toe om nieuwe concepten of andere standplaatsfactoren op eenvoudige wijze toe te voegen aan de tabel. Evenzo kunnen concepten en standplaatsfactoren indien nodig worden verwijderd. Ook gewijzigde inzichten, gebaseerd op praktijkervaring met de gebruikte concepten kunnen op eenvoudige wijze vertaald worden binnen de tabellen.



Tabel 1: Beslissingstabel voor concepten van natuurlijke oeverbescherming van de teen

	Concept																
Standplaatsfactor	1	2	3	4 a	4 b	5	6 a	6 b	7 a	7 b	8 a	8 b	9	1 0	1 1	1 2 a	1 2 b
Stroomsnelheid°:																	
<0.5 m/s	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹					x ¹	x ¹	x ¹	x ¹	x ¹
0.5-1.5 m/s	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x		
1.5-3 m/s	x		x	x	x			x	x	x	x	x		(x)	(x)		
Taludhelling:																	
4/4-6/4	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x
>6/4-8/4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
>8/4	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Ruimte beschikbaar:																	
geen tot beperkt (< 2m)	x			x			x	x	x		x		x	x			x
2-5m	x	x		x		x	x	x	x		x		x	x			x
> 5m	x	x	x	(x)	x	x	x	x	(x)	x	(x)	x	x	x	x	x	(x)
Waterkwaliteit:																	
proper (BI >=7)	x	x	x	x	x	x	x	x ²	x	x	x	x	x ²	x ²	x ²	x	x
gemiddeld (BI 4-6)	x	x	x	x	x	x	x	x ²	x	x	x	x	x ²	x ²	x ²	x	x
vuil tot vervuild (BI <4)	x	x		x		x		x ²	x		x		x ²	x ²	x ²		
Waterhoogte/golfslag:																	
<20 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20-50cm	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
> 50cm	x	x		x					x						x		

(x): mogelijk, maar niet wenselijk vanuit ecologisch en/of constructief oogpunt

rood gekleurd: ecologische waarde laag,

geel gekleurd: ecologische waarde middelmatig,

wit gekleurd: ecologische waarde hoog

(°): De stroomsnelheid is de gemiddelde stroomsnelheid

¹ Oeverbescherming van de teen is enkel nodig indien de gemiddelde stroomsnelheid vaak overschreden wordt. Indien voldoende ruimte beschikbaar is, dan dient de oever niet beschermd te worden en kan oevererosie toegelaten worden.

² De tolerantie t.o.v. de waterkwaliteit is afhankelijk van de plantensoort (zie hiervoor tabel 2, literatuurstudie en marktanalyse).

Legende bij Tabel 1

Tabel 1 (teen)	Fiche	Variant van het concept
Concept 1	<i>Concept 1.1.1</i>	
Concept 2	<i>Concept 1.1.1.1</i>	
Concept 3	<i>Concept 1.1.1.2</i>	
Concept 4 - concept 4a - concept 4b	<i>Concept 1.1.2</i>	- geen gebruik uitschietende wilgentenen - gebruik uitschietende wilgentenen mogelijk
Concept 5	<i>Concept 1.1.3</i>	
Concept 6 - concept 6a - concept 6b	<i>Concept 1.1.4</i>	- gebruik niet-voorbeplante geotextielen (rollen) mogelijk - uitsluitend gebruik voorbeplante geotextielen (rollen)
Concept 7 - concept 7a - concept 7b	<i>Concept 1.1.5</i>	- geen gebruik uitschietende wilgentenen - gebruik uitschietende wilgentenen mogelijk
Concept 8 - concept 8a - concept 8b	<i>Concept 1.1.6</i>	- geen beplanting met Wilgen(stekken) mogelijk - beplanting met Wilgen(stekken) mogelijk
Concept 9	<i>Concept 2.1.1</i>	
Concept 10	<i>Concept 2.1.2</i>	
Concept 11	<i>Concept 2.1.3</i>	
Concept 12 - concept 12a - concept 12b	<i>Concept 2.1.4</i>	- geen gebruik uitschietende wilgentenen - gebruik uitschietende wilgentenen mogelijk

Tabel 2: Beslissingstabel voor concepten van natuurlijke oeverbescherming van taluds³

Standplaatsfactor	Concept												
	1 a	1 b	2	3	4 a	4 b	5 a	5 b	6	7	8 a	8 b	9
Stroomsnelheid^o:													
<0.5 m/s	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
0.5-1.5 m/s	x	x	x	x	x		x	x		x		x	
1.5-3 m/s	(x)	(x)	x	x	x		x	x		x		x	
Taludhelling:													
4/4-6/4	x	x	x	x	x		x	x		(x)		x	(x)
6/4-8/4	x	x	x	(x)	x	x	x	x	(x)	x	x	x	x
>8/4	x	x	(x)	(x)	x	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x
Ruimte beschikbaar:													
geen tot beperkt (< 2m)	x				x	x	x		x		x	x	x
2-5m	x		x	(x)	x	x	x		x	(x)	x	x	x
> 5m	(x)	x	x	x	x	x	(x)	x	x	x	x	x	x
Waterkwaliteit:													
proper	x	x	x	x	x ⁴	x ¹	x	x	x ¹	x	x ¹	x ¹	x ¹
gemiddeld	x	x	x	x	x ¹	x ¹	x	x	x ¹	x	x ¹	x ¹	x ¹
vuil tot vervuild			x	x	x ¹	x ¹	x		x ¹		x ¹	x ¹	x ¹
Waterhoogte/golfslag:													
<20 cm	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
20-50cm	x	x	x	x	x		x	x		x		x	
> 50cm				x			x						

(x): mogelijk, maar niet wenselijk vanuit ecologisch en/of constructief oogpunt

(°)De stroomsnelheid is de gemiddelde stroomsnelheid.

geel gekleurd: ecologische waarde gering,

wit gekleurd: ecologische waarde hoog

³ Indien voldoende ruimte beschikbaar is, dan dient de oever niet beschermd te worden en kan oevererosie toegelaten worden.

⁴ De tolerantie t.o.v. de waterkwaliteit is afhankelijk van de plantensoort (zie hiervoor tabel 2, literatuurstudie en marktanalyse).

Legende bij Tabel 2

Tabel 2 (talud)	Fiche	Variant van het concept
Concept 1 - concept 1a - concept 1b	<i>Concept 1.2.1</i>	- geen gebruik uitschietende wilgentenen - gebruik uitschietende wilgentenen mogelijk
Concept 2	<i>Concept 1.2.2</i>	
Concept 3	<i>Concept 1.2.3</i>	
Concept 4 - concept 4a - concept 4b	<i>Concept 1.2.4</i>	- uitsluitend gebruik voorbeplante geotextielen - gebruik niet-voorbeplante geotextielen mogelijk
Concept 5 - concept 5a - concept 5b	<i>Concept 1.2.5</i>	- geen gebruik uitschietende wilgentenen - gebruik uitschietende wilgentenen mogelijk
Concept 6	<i>Concept 2.2.1</i>	
Concept 7	<i>Concept 2.2.2</i>	
Concept 8 - concept 8a - concept 8b	<i>Concept 2.2.3</i>	- uitsluitend gebruik voorbeplante geotextielen - gebruik niet-voorbeplante geotextielen mogelijk
Concept 9	<i>Concept 2.2.4.</i>	

2. Conceptmatige beschrijving van natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen en inrichting van onbevaarbare waterlopen

2.1 Inleiding

Natuurvriendelijke oevers zijn oevers, waarbij naast o.a. de waterkerende functie ook aandacht besteed wordt aan natuur en landschapsaspecten. Een natuurvriendelijke oever is echter niet één type oever; er kan immers uit een scala aan varianten (verder concepten genoemd) gekozen worden. Of een oever meer of minder natuurlijk is hangt van de omstandigheden ter plaatse af. Men zou een oever natuurvriendelijker kunnen noemen indien meer groepen planten, dieren en de erbij horende processen (erosie, sedimentatie, etc.) uit de ter plaatse thuishorende oevergemeenschap er voordeel van ondervinden. Indien een minder natuurvriendelijke oeverbescherming noodzakelijk is, behoort deze de natuurlijke situatie (gradiënten van droog naar nat, natuurlijke vegetatie) en de migratie van fauna niet of nauwelijks te beperken (de mate waarin nog migratie van fauna mogelijk is hangt immers af van de soort natuurvriendelijke verdediging of versteviging die gekozen werd).

Bij een natuurvriendelijke oeverbescherming streeft men niet alleen naar het gebruik van zo natuurlijk mogelijke materialen zoals oeverplanten, maar zal ook de herkomst van de gebruikte materialen van belang zijn. Met name het gebruik van gebiedseigen materialen staat voorop. Dit geldt niet alleen voor oeverplanten of zachthout, maar ook voor andere materialen zoals aanvulgrond. In snelstromende bron- of heuvelandbeken zijn grove grindafzettingen typisch, in valleigebieden met traagstromende waterlopen bestaat de bodemsamenstelling hoofdzakelijk uit fijnere bodemdeeltjes. Bij natuurvriendelijke oeverbeschermingswerken dient dan ook rekening gehouden te worden met deze bodemfysische aspecten.

2.2 Beschrijving concepten

2.2.1 Methodiek en definities

Op basis van het literatuuronderzoek wordt een overzicht gegeven van de technieken en concepten die kunnen gebruikt worden voor een natuurvriendelijke oeverbescherming en inrichting van onbevaarbare waterlopen.

We kunnen een onderscheid maken in *natuurtechnische oeverbeschermingen en beekinrichting* (hoofdconcepten 1 en 2, m.u.v. concepten 2.1.1, 2.2.1 en 2.2.2) en *natuurlijke oeverbeschermingen en beekinrichting* (concepten 2.1.1, 2.2.1 en 2.2.2, hoofdconcept 3). Onder natuurlijke oeverbescherming en beekinrichting worden oeverbeschermingen verstaan waarbij uitsluitend gebruik gemaakt wordt van oevervegetaties (zowel struiken als oeverplanten, i.e. kruidachtige planten) en natuurlijke inrichting. Onder natuurtechnische oeverbescherming en beekinrichting worden oeverbeschermingen verstaan waarbij gebruik gemaakt wordt van een combinatie van technische middelen en oevervegetaties, met als resultaat een technisch goede en ecologische en landschappelijk inpasbare bescherming van de oever. Deze laatste techniek tracht het evenwicht te bewaren tussen de erosiebeperkende functie en een hoge(re) landschappelijke en natuurwaarde.

2.2.2 Determinerende standplaatsfactoren van belang bij natuurvriendelijke oeverinrichting

De grote verscheidenheid aan milieuomstandigheden bij oevers ter plaatse (verder "standplaatsfactoren" genoemd) vereist dat bij het zoeken naar natuurvriendelijke oplossingen aangesloten wordt bij de ter plaatse aanwezige omstandigheden. Van essentieel belang voor het opstellen van de benaderingswijze voor de verschillende mogelijke concepten zijn dan ook de

verschillende randvoorwaarden en de lokale standplaatsfactoren. Deze standplaatsfactoren bepalen immers de mogelijkheid (of onmogelijkheid) van een bepaald natuurlijk of natuurtechnisch concept als oeverbescherming. De belangrijkste determinerende standplaatsfactoren voor toepassing van de verschillende concepten zijn:

- stroomsnelheid en golfbeweging
- oevervorm en taludhelling (geomorfologie)
- waterdiepte
- substraat (bodemsamenstelling)
- fysische en andere belastingen
- beschikbare ruimte
- waterkwaliteit

Indien blijkt dat één of meerdere standplaatsfactoren het ontwerp van een natuurlijke oeverbescherming belemmert, met name het niet voldoen aan de oeverbeschermende functie, dan zullen in dit geval natuurtechnische of technische middelen aangewend moeten worden.

Stroomsnelheid

De stroomsnelheid blijkt de belangrijkste determinerende factor te zijn voor het al of niet kunnen aanwenden van natuurvriendelijke oeverbeschermingsmaterialen. Immers, uit het literatuuronderzoek blijkt dat weinig oeverplanten zich kunnen handhaven bij gemiddelde stroomsnelheden hoger dan 2-3 m/s (d.i. de maximaal toelaatbare stroomsnelheid). Zachthout blijkt stand te houden tot stroomsnelheden van ongeveer 10m/s. In omstandigheden met hogere stroomsnelheden dient dan ook gebruik gemaakt te worden van natuurtechnische materialen, of dient de waterloop ingrijpend veranderd te worden (herinrichting).

De indeling van de stroomsnelheden gebeurt als volgt:

- snelstromend : stroomsnelheid > 3 m/s
- matig snel : stroomsnelheid tussen 0.5 en 3 m/s
- traagstromend tot stilstaand : stroomsnelheid < 0.5 m/s

Geomorfologie (oevervorm en taludhelling)

De tweede belangrijkste determinerende factor is de oevervorm en taludhelling. Willen oeverplanten zoals Riet een goede oeverbeschermingsfunctie kunnen uitvoeren, dan dienen daarvoor niet al te steile taludhellingen aanwezig te zijn. Vooral bij hogere stroomsnelheden zal een té steile helling het uitspoelen van oeverplanten als gevolg hebben. Tabel 3 geeft de maximale hellingen weer waarbij de oever nog als stabiel te beschouwen valt (met een regelmatig kort gemaaid grasvegetatie).

Bodemsamenstelling	Boven water	Onder water	Max. stroomsnelheid (m/s)
Zand	8/4-12/4	12/4-32/4	0.15-0.30
Zavel, zandige klei	4/4-8/4	8/4-12/4	0.20-0.40
Veen	4/4-8/4	4/4-12/4	0.20-0.50
Kleigrond (slap)	8/4	8/4-16/4	0.40-0.60
Kleigrond (vast)	4/4-8/4	8/4	0.60-1.00

Tabel 3. Oeverstabiliteit (maximale hellingen en stroomsnelheid) in functie van de bodemsamenstelling (naar CUR 1994).

Waterdiepte, fluctuatie en bodemsamenstelling

Andere randvoorwaarden zijn waterdiepte, -fluctuatie en bodemsamenstelling. Zowel bij het gebruik van levende materialen (oeverplanten, bosgoed) als van niet-levende, biologisch afbreekbare materialen zijn deze factoren van belang. Toepassing van bijvoorbeeld grasmatten onder de waterlijn

is niet mogelijk, maar ook het gebruik van bijvoorbeeld kokosmatten ver boven de waterlijn zorgt voor een minder efficiënte oeverbescherming omwille van de versnelde afbraak van het kokosmateriaal boven water.

Belangrijk voor een goede vegetatieontwikkeling is een natuurlijk ritme in de waterpeilfluctuatie. Tabel 4 geeft de relatie weer tussen een aantal vegetatietypes en de waterpeilbeweging. De hoogteligging van de bodem ten opzichte van het waterpeil heeft een sterke sturende werking op het voorkomen van plantensoorten en vegetatietypes. Het waterpeil fluctueert en daarmee is ook de overstromingsduur- en frequentie van belang voor het voorkomen van plantensoorten (tabel 2).

Vegetatie	Hoogteligging van de bodem t.o.v. het waterpeil en overstromingsduur en -frequentie					
	>+50 cm <30 dagen overstroming in winterhalfjaar	50 - 0 cm <50 dagen overstroming in winterhalfjaar	> 0 cm > 150 dagen drasberm	0 tot -25 cm plasberm	-25 tot -100 cm permanent onder water	> -100 m permanent onder water
Hardhoutsoorten (o.a. Eik, Es, Meidoorn,)	+	-	-	-	-	-
Zachthoutsoorten (o.a. Els, Wilg)	±	+	±	-	-	-
Bloemrijke gras- kruiden begroeiing	+	+	+	-	-	-
Oeverplanten (helofyten)	-	-	+	+	±	-
Waterplanten	-	-	-	±	+	+

Tabel 4.: Vegetatiezonering bij flauwe taluds ten opzichte van de waterpeilfluctuatie.

Belastingen

Zijdelingse, fysische belasting tengevolge van wegverkeer, kwelinvloed e.d. kunnen eveneens de efficiëntie van natuurvriendelijke oeverbeschermingsmaterialen verminderen. Door de verhoogde druk en door het feit dat de grond zo wordt weggeduwd kunnen oeverplanten minder goed wortelen, waardoor de oeverbeschermende functie indirect vermindert. Een andere vorm van belasting vormt vraat door vee, konijnen, muskusratten, e.d. Een aantal plantensoorten blijkt hier gevoeliger voor te zijn dan andere. Ook chemische belasting door het gebruik van herbiciden in het aanpalende perceel (bijvoorbeeld maisakker) kan vernietiging van de oevervegetatie tot gevolg hebben.

Beschikbare ruimte

Voor het gebruik van natuurvriendelijke oevermaterialen en/of de uitvoering van een natuurvriendelijke oeverinrichting is het van belang dat voldoende ruimte beschikbaar is, met name voor het goed functioneren van de oever en de bescherming. De beschikbare ruimte voor natuurvriendelijke oeverbescherming en inrichting hangt onder meer af van de taludhelling, het gebruik van de oever en de grens van het openbaar domein. De oevers langs de meeste niet-natuurlijke waterlopen zijn ingericht met een helling 4/4 tot 6/4. Dergelijke steile hellingen gecombineerd met het niet respecteren van de grens van het openbaar domein laten zo goed als geen ruimte meer vrij voor natuurlijke processen.

Bij voldoende ruimte blijft er naast de bescherming plaats voor allerlei natuurlijke processen. Deze natuurlijke processen maken deel uit van een volwaardig functionerend ecosysteem: afhankelijk van de milieuomstandigheden komen in een oeversysteem typische flora en fauna voor met de eraan

gekoppelde processen. Indien men over voldoende ruimte beschikt kan men bijvoorbeeld in traagstromende rivieren een flauwe oever, al of niet gecombineerd met een plas- of drasberm, aanleggen. Hoe zwakker de helling, hoe meer mogelijkheden er geboden worden voor fauna en flora. Men dient echter de typische, natuurlijke geomorfologische en fysische omstandigheden niet uit het oog te verliezen: zo zullen waar mogelijk steile oevers in buitenbochten van snelstromende waterlopen behouden blijven, om de natuurlijke processen en leefwereld van de biota niet te verstoren.

Overigens dient er onderscheid gemaakt te worden tussen het natte en het droge oppervlak. Voor bepaalde concepten is er een voldoende brede waterloop (het natte oppervlak) nodig. Bij een smalle waterloop zal door de uitvoering van een dergelijk concept de waterdoorvoer sterk verminderd worden en worden de karakteristieken van de waterloop te zeer veranderd. Anderzijds is er ruimte nodig naast de waterloop voor uitvoering van een concept. In dit geval gaat het om het (beschikbare) droge oppervlak. Bij de beschrijving van de concepten wordt de term beschikbare ruimte uitgedrukt in "breedte van de waterloop". Met *breedte* wordt in het vervolg het *natte oppervlak* van de waterloop bedoeld.

De definiëring van het begrip beschikbare ruimte is als volgt:

veel ruimte	: breder dan 5 m
matige ruimte	: breedte tussen 1 en 5 m
geen tot weinig ruimte	: breedte 0-1m

Waterkwaliteit

Voor het gebruik van levende materialen als oeverbescherming, speelt vaak de waterkwaliteit een belangrijke rol. Bovendien spelen een aantal planten (bv. Riet) zelf een rol in het zuiverend vermogen van de waterloop. De gevoeligheid voor de aanwezigheid van vervuild water is sterk afhankelijk van de plantensoort en zeker niet eenduidig. Bepaalde plantensoorten hebben zelf een preferentie voor licht vervuild water (Grote lisdodde, Mattenbies,...), terwijl andere, zoals Scherpe zegge, het best getijen in zo proper mogelijk water. Ook de aanwezigheid van brak water wordt door een aantal planten getolereerd.

2.2.3. Stabiliteit van natuurvriendelijke oevers

2.2.3.1 Inleiding

Het dimensioneren van natuurvriendelijke oevers omvat het bepalen van de benodigde afmetingen en sterkte van de waterbouwkundige constructies en de onderdelen ervan. De vormgeving en dimensionering wordt bepaald door een aantal randvoorwaarden. Technisch gaat het hier over hydraulische en grondmechanische belastingen zoals waterstand, stroming, golven en gronddruk. Daarnaast wordt in de keuze van een type oever ook rekening gehouden met functionele randvoorwaarden zoals afvoer van water, natuur, recreatie. Voor natuurvriendelijke oevers is het ecologische streefbeeld bepalend voor de ecologische functie-eisen.

De oever moet echter ook voldoen aan een aantal eisen die verbonden zijn met andere ter plaatse geldende functies. Zo kan het gebruik van de achterliggende grond (wegen, wonen, waterkering) bepaalde toepassingen onaanvaardbaar maken. Tenslotte spelen ook ruimtebeperkingen en financiële beperkingen (aanleg- en onderhoudskosten) een rol.

De hydraulische belastingen die in het algemeen een rol spelen zijn:

- scheepvaart
- stroming
- windgolven
- ijsvorming

Voor wat betreft onbevaarbare waterlopen speelt vooral de stroming een belangrijke rol. De rol van windgolven is zeer beperkt. Bij bv. wachtbekkens speelt de invloed van windgolven echter wel een

belangrijke rol. Gezien deze conceptnota enkel handelt over onbevaarbare waterlopen wordt hierop niet verder ingegaan.

2.2.3.2 Dimensionering van de waterloop - onbegroeide natuurlijke oevers

Het is niet steeds nodig om een oever of elk onderdeel ervan te verdedigen. Wanneer er voldoende ruimte beschikbaar is en / of de hydraulische belastingen laag zijn, kan een verdediging achterwege blijven. In de hiernavolgende berekeningsmethode wordt uitgegaan van onverdedigde kale oevers, waarbij de ter plaatse aanwezige grondsoort direct wordt belast door stroming. De rekenregels geven dus de mate aan waarin een onverdedigde oever of een deel ervan kan eroderen onder de vermelde belastingsomstandigheden.

Wanneer de stroombelasting uitsluitend het gevolg is van een debiet, dan zal de oever veelal niet moeten worden verdedigd en een bij benadering sinusvormig profiel aannemen. Om dit profiel te berekenen moet de benodigde natte doorsnede van de waterloop (A_c) bekend zijn. Dit kan worden berekend via het maximale debiet Q (m^3/s) en de toelaatbare stroomsnelheid v (m/s). Onderstaande tabel geeft een indicatieve waarde voor v in functie van de grondsoort.

Grondsoort	v (m/s)
Zand	0.30
Veen	0.50
Zandige klei	0.40
Slappe klei	0.60
Redelijk vaste klei	0.80 (1.0 bij kortstondige belasting)
Vaste klei	1.20 (1.5 bij kortstondige belasting)

Tabel 5. Toelaatbare stroomsnelheden in functie van de oever voor de dimensionering van de waterloop (CUR, 1999).

De natte doorsnede van de waterloop wordt gegeven door

$$A_c = Q/v$$

Het profiel kan vervolgens worden berekend met volgende formule:

$$b_{hor} = \frac{1}{h} \left(A_c - \frac{2h^2}{\sin \phi_n} \right)$$

$$x_m = \frac{\pi h}{2 \sin \phi_n}$$

waarin:

A_c	natte doorsnede van de waterloop	(m ²)
h	waterdiepte	(m)
ϕ_n	hoek van het natuurlijk talud (grondsoort-afhankelijk) ⁵	(°)
b_{hor}	breedte van de waterloop met vlakke bodem	(m)
x_m	breedte van de waterloop met sinusoïdale bodem (talud)	(m)

de breedte van de waterloop aan het wateroppervlak is dan

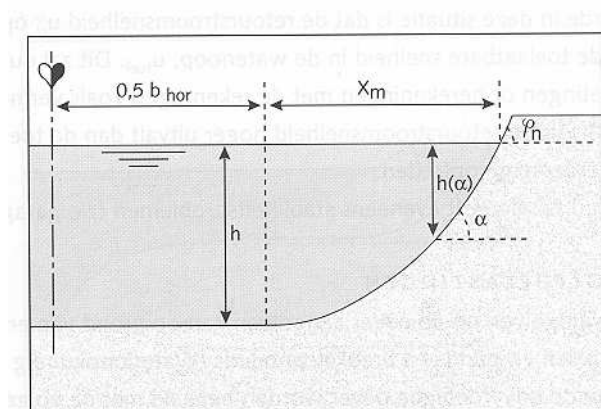
$$b_{hor} + 2 x_m$$

De helling van de onverdedigde oever kan worden berekend als:

$$\operatorname{tg} \alpha = \left(\frac{h^2 - h(\alpha)^2}{h^2} \right)^{0.5} \operatorname{tg} \phi_n$$

waarin:

$h(\alpha)$	de lokale waterhoogte	(m)
α	de hoek van het talud	(°)



Figuur 1: Evenwichtsprofiel bij stroombelasting (CUR, 1999)

2.2.3.3 Dimensionering van de waterloop - begroeide oevers

Planten en struiken die op de oevers groeien, kunnen deze in belangrijke mate beschermen. Dit

⁵ De waarden voor ϕ_n (natuurlijk talud of inwendige wrijvingshoek) kunnen teruggevonden worden in gespecialiseerde literatuur. Enkele richtwaarden staan in onderstaande tabel:

Grondsoort	Inwendige wrijvingshoek (graden)
Zand (droog)	30-35
Zand (natuurlijk vochtig)	40
Zand (verzadigd nat)	25
Leem (droog)	40-45
Leem (nat)	20-25
Klei (droog)	40-45
Klei (nat)	20-25

gebeurt via het wortelstelsel dat de grond als het ware wapent, en via de bovengrondse delen die de aanval van de stroming op de oever en de bodem reduceren. Van riet, mattenbies, wilg en gras is relatief veel bekend over hun beschermende eigenschappen.

a) Riet en Mattenbies

Door de wapenende werking van de ondergrondse delen van een vegetatie (wortelstelsel) neemt de weerstand tegen erosie en afschuiving toe. Uit onderzoek is gebleken dat, althans wat betreft zand en zandige klei, de toelaatbare snelheid v uit tabel 3 mag worden verhoogd met een factor 2.5.

De bovengrondse delen (stengels) zullen bovendien de belasting op de bodem (de uitgeoefende schuifspanning) reduceren. De stroomsnelheden worden door de aanwezige rietstengels gereduceerd. Deze reductie is het gevolg van de hoge hydraulische weerstand van de rietkraag. Deze kan worden berekend als:

$$C = (0.5 N_s D_s h/g)^{-0.5}$$

waarin:

C	Chezy-waarde	(m ^{0.5} /s)
h	waterdiepte van de vegetatiezone	(m)
N _s	aantal stengels per m ²	(1/m ²)
D _s	stengeldiameter	(m)
g	versnelling van de zwaartekracht	(9.81 m/s ²)

Uit meetresultaten werd door Starosolszky en Bouter een benaderingsformule afgeleid die geldig is voor waterdiepten tussen 0.1 en 1.0 meter.

$$C = 3.35 h^{-0.64}$$

In de praktijk ligt de Chezy-waarde voor riet en mattenbies tussen 5 en 10 m^{0.5}/s. Dit betekent dat een rietkraag een relatief hoge hydraulische weerstand meebrengt die bijgevolg ook een invloed heeft de waterafvoer. Dit wordt verder nog besproken. Overigens geldt voor gras een Chezy-waarde van 40 en voor zand een waarde van 50.

De verhouding tussen de Chezy-waarde die hierboven werd berekend en de Chezy-waarde voor onbegroeide oevers (bij benadering gelijk aan die voor zand = 50) kan worden gebruikt als een maat voor de reductie van de stroomsnelheid nabij de bodem in de rietoevers. Voor de snelheid op de bodem wordt daarbij de gemiddelde snelheid over de diepte aangehouden.

b) Wilgen

Wilgen zijn gevoelig voor de duur van de periode dat de planten in het water staan. Wanneer de periode te kort is dan treedt verdroging op en sterven de planten. Is de periode te lang dan verdrinken de planten. Voor katwilg blijkt de ideale overstromingsduur 200-230 dagen te zijn. Als de overstroming te lang duurt sterven de boomwortels af als gevolg van zuurstoftekort. Wilgen kunnen ongeveer acht weken volledige overstroming overleven door in rust te gaan, een groot aantal bladeren te verliezen en pas na de overstroming weer door te groeien.

Ook bij wilgen neemt door de ondergrondse delen (wortels) de weerstand tegen erosie en afschuiving toe. Evenals bij riet mag daarom voor zand en zandige klei de grondsoort-afhankelijke toelaatbare stroomsnelheid v worden verhoogd met een factor 2.5.

c) Grasmatten

Afhankelijk van de kwaliteit van de grasmatten kan deze stroomsnelheden van 1.5 tot 2.5 m/s gedurende

100 uur achtereenvolgende doorstaan. Dit is ruim voldoende voor de meeste toepassingen van gras op taluds van oevers en dijken. Een grasmat ontwikkelt zich alleen boven water en is bestand tegen kortstondige overstroming.

In de eerste tijd na de aanleg kan op relatief steile taluds (steiler dan 12/4) erosie optreden. Aanvullende maatregelen, zoals tijdelijke verdediging met kokosmatten, zijn dan noodzakelijk.

d) Dimensionering

De dimensionering van de begroeide waterloop dient zodanig te zijn dat de af te voeren hoeveelheid water plaatsvindt zonder dat belangrijke overschrijdingen van het gewenste waterpeil plaatsvinden. De aanwezigheid van plantengroei in de bedding kan voor een aanzienlijke stromingsweerstand zorgen. Bij de keuze van een natuurlijke oeververdediging met behulp van planten is het dan ook van belang rekening te houden met het feit dat planten zich ook in de bedding sterk uit kunnen breiden en zo opstuwing van het water kunnen veroorzaken. Gebaseerd op metingen van Pitlo en Griffioen (Pitlo, 1991) en Griffioen (1996) werd een empirische rekenmethode ontwikkeld die de relatie legt tussen plantengroei, het percentage open water en de stromingsweerstand.

$$Q = k_{mo} A_1 R_1^{0.67} i^{0.5} + W A_2 i$$

waarin:

Q	maatgevend debiet	(m ³ /s)
A	totale doorsnede waterloop	(m ²)
A ₁	natte oppervlak open water gedeelte	(m ²)
A ₂	natte oppervlak begroeide gedeelte	(m ²)
R ₁	hydraulische straal open water gedeelte	(m)
i	verhang	(-)
k _{mo}	ruwheidsfactor open water gedeelte (inverse Manning-coëfficiënt)	(m ^{1/3} /s)
W	weerstandsfactor voor het begroeide gedeelte	(m/s)

De waarde van k_{mo} blijkt onafhankelijk te zijn van de verhouding tussen het gedeelte open water versus het begroeide deel en bedraagt 34. De waarden voor W voor verschillende plantensoorten zijn weergegeven in tabel Tabel 6

Plantensoort	Weerstandsfactor W
Grasachtige en ondergedoken soorten	30
Riet	100
Drijvend fonteinkruid	200
Gele plomp	250
Waterlelie	500
Watergentiaan	700

Tabel 6: Weerstandsfactor W voor diverse plantensoorten (CUR 1999)

Om deze formule te gebruiken gelden volgende grenzen:

onbegroeide waterloop:	A ₂ < 0.05 A ₁ en W = 0
geheel dichtbegroeide waterloop	A ₁ = 0 en A ₂ = A

Zie Tabel 3 voor min of meer stabiele taludhellingen met een regelmatig gemaaid korte vegetatie (onbelaste oevers). Wanneer verschillende bodemlagen worden aangesneden is het over het algemeen het veiligst de flauwste helling aan te houden.

2.2.4 Benaderingswijze

Voor de beschrijving van de verschillende concepten wordt vooreerst een indeling gemaakt naar de geomorfologische kenmerken van de waterloop (oevervorm en taludhelling). Deze bepalen immers in grote mate de mogelijkheid en het typeconcept van een natuurvriendelijke oever. Er wordt een onderscheid gemaakt in "oeverbescherming van hoge verticale tot steile oevers" en in "oeverbescherming van normale tot zeer flauwe oevers". Binnen deze indelingen wordt een onderscheid gemaakt tussen de teen en het talud. De meeste erosieverschijnselen in kleine waterlopen treden op aan de teen. Een versteviging op deze plaats zal dan ook in de meeste gevallen volstaan. Vaak worden teenverstevigingen gecombineerd met taludverstevigingen. Een combinatie van de verschillende concepten van teen- en taludversteviging is dan ook mogelijk.

Zoals aangegeven in paragraaf 2.2.1 is er een onderscheid tussen natuurvriendelijke (concepten 2.1.1 en 2.2.1 en hoofdconcept 3) en natuurtechnische oeverbescherming (hoofdconcepten 1 en 2 m.u.v. concepten 2.1.1, 2.2.1 en 2.2.2).

Per concept is een fiche opgesteld met:

- de omschrijving (en bijhorende figuur)
- de toepassingen en randvoorwaarden
- de ecologische voor- en nadelen

Bij de bespreking van de randvoorwaarden worden zowel de ecologische als de technische randvoorwaarden besproken.

Aangezien de standplaatsfactor taludhelling reeds in het hoofdconcept vervat zit, wordt deze factor slechts expliciet bij de randvoorwaarden vermeld wanneer hierover kwantitatieve gegevens beschikbaar zijn. Wat betreft de andere, hogervermelde standplaatsfactoren worden deze wel vernoemd bij de randvoorwaarden.

De factor beschikbare ruimte komt in detail aan bod: bij de omschrijving van een concept wordt ervan uitgegaan dat er "**geen tot weinig ruimte**" beschikbaar is waar dit geldt voor natuurvriendelijke oeverbescherming. Varianten op dit concept worden besproken naargelang er "**matige ruimte**" en/of "**veel ruimte**" aanwezig is om aan natuurvriendelijke oeverbescherming te doen.

HOOFDCONCEPT 1:

Oeverbescherming hoge verticale tot steile oevers

N.B. Binnen hoofdconcept 1 is alleen sprake van natuurtechnische oeverbescherming.

1.1 Bescherming teen tegen erosie

Bescherming van de teen is van belang op locaties waar erosie- en sedimentatieverschijnselen zich concentreren en waar afkalving niet gewenst is. In natuurlijke waterlopen kunnen grote stroomsnelheden voorkomen, waardoor de erosie (in buitenbochten) soms zeer groot is. In die gevallen waar de natuurlijke processen van de waterloop, zoals meandering, niet mogen spelen, is een teenbescherming noodzakelijk.

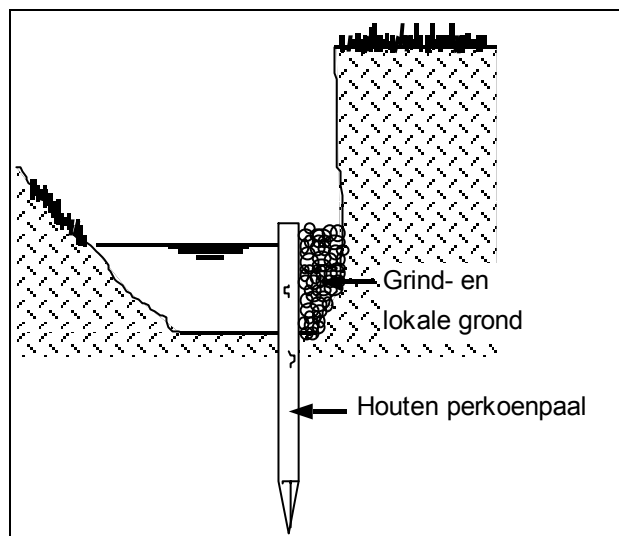
Ook in traagstromende waterlopen in valleigebieden kan oeverbescherming nodig zijn, bijvoorbeeld omwille van de invloed van zijdelingse belastingen zoals wegverkeer of door de nabije aanwezigheid van gebouwen die niet bedreigd mogen worden.

Concept 1.1.1 Gedeeltelijke bescherming met houten palenrijen

Omschrijving

Verticale oevers kunnen gedeeltelijk beschermd worden door houten, ronde palen van onbehandeld naaldhout of inheemse houtsoorten (Kastanje, Els, Eik) (de meest gebruikte soort is Larix of dennenhout) zij aan zij aan de teen van de oever te plaatsen (tot op of net onder het niveau van de hoogwaterlijn). De achterliggende ruimte dient opgevuld te worden met een lokaal grond- en grindmengsel om wegspoelen van de palen te voorkomen. Om te voorkomen dat deze grondaanvulling de palen wegduwt (tengevolge van de grote zijdelingse druk van bijvoorbeeld verkeer of in kwelsituaties), dienen de palen voor minstens 2/3 in de bodem geplaatst te worden.

Om uitspoeling van de grond te voorkomen kan een biologisch geotextiel op de bodem geplaatst worden en/of kunnen de palen aan de waterzijde van kantplanken voorzien worden.



Figuur 2: Teenbescherming d.m.v. houten palenrijen

Toepassing en randvoorwaarden

- in alle waterlopen toepasbaar, ook in snelstromend water (in buitenbochten van beken met natuurlijke verticale oever). Echter bij voorkeur niet toe te passen bij natuurlijk steile oevers (bron- en heuvellandbeken): de hoge stroomsnelheden zouden enerzijds wegspoelen van de palen kunnen veroorzaken, anderzijds is bij dit type beken (forelzone) een steile oever het natuurlijke geomorfologische kenmerk
- beperkte levensduur (naald)palenhout indien toegepast boven waterlijn; indien plaatsing onder waterlijn: levensduur naaldhout ongeveer 20-50 jaar
- gebruik van wilgenpalen verdient niet de voorkeur, gezien de geringe levensduur (enkele jaren)
- enkel onbehandeld (niet-verduurzaamd) hout gebruiken

Ecologische voordelen

- door een natuurlijke steile oever gedeeltelijk te behouden kunnen oeverbewonende vogels zoals Oeverzwaluw en IJsvogel hun nestholten blijven uitgraven in het bovenste deel van de oever
- op de aangevulde grond kunnen zich vestigingsmogelijkheden voor oeverplanten ontwikkelen; deze planten leveren tevens een ecologische en landschappelijke meerwaarde
- de palenrij op zich vormt een (geringe) landschappelijke meerwaarde t.o.v. technische constructies (betonnen wand, e.d.)

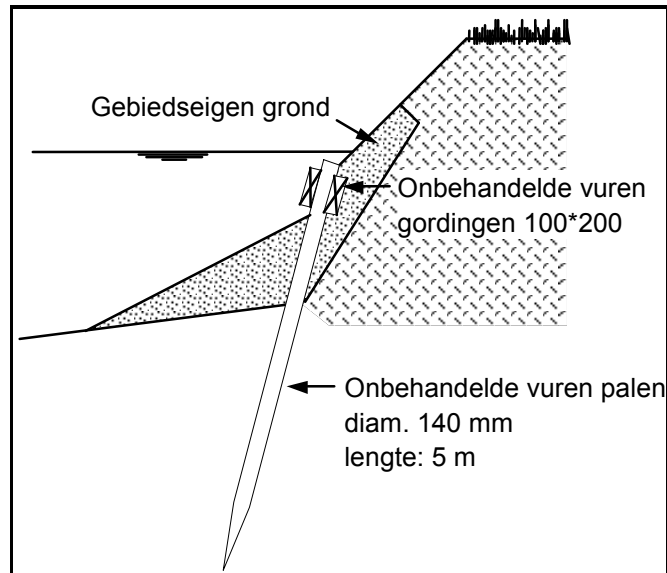
Ecologische nadelen

- vormt een abrupte overgang tussen water en land
- spontane vernieuwing van steile oevers kan niet verder optreden
- een steile oever bestaande uit enkel palenrijen biedt aanvankelijk weinig uitstapmogelijkheden voor fauna

Variant 1.1.1.1: Gedeeltelijke bescherming met houten palenrijen onder een scherpe hoek

Omschrijving

Idem als 1.1.1, maar de palen kunnen minder verticaal geplaatst worden, indien de teen minder steil is.



Figuur 3: Teenbescherming d.m.v. houten palenrijen onder scherpe hoek

Toepassing en randvoorwaarden

- niet toe te passen bij natuurlijk steile oevers (bron- en heuvellandbeken): de hoge stroomsnelheden zouden enerzijds wegspoelen van de palen kunnen veroorzaken, anderzijds is bij dit type beken (forelzone) een steile oever het natuurlijke geomorfologische kenmerk. Verflauwen van de oever is in dit geval dus niet aan te raden
- enkel toe te passen indien waterloop breder is dan 5 m

Ecologische voordelen

- idem als 1.1.1, maar door de minder verticale plaatsing van de palen verhogen de uitstapmogelijkheden voor fauna
- door een minder verticale plaatsing van de palen tegen de teen versnelt de sedimentatie op en tussen de palen, zodat de vestigingskansen voor flora verhogen

Ecologische nadelen

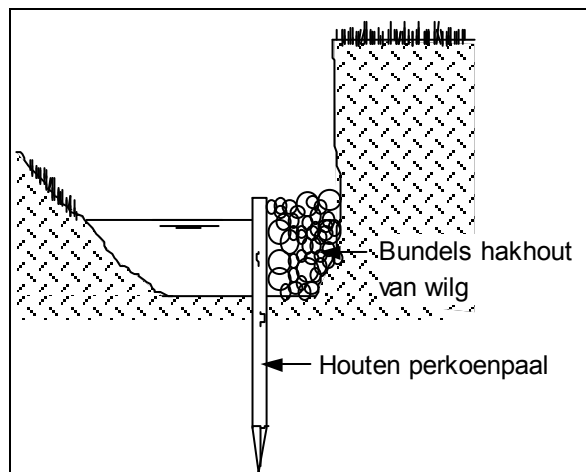
- idem als 1.1.1

Variant 1.1.1.2: Gedeeltelijke bescherming met houten palenrijen en gebruik van bundels hakhout van wilg achter palenrij

Omschrijving

Idem als 1.1.1, maar gebruik van bundels wilg (twijgen die maximaal 1 jaar gekapt zijn) achter de palenrij. Deze twijgen lopen opnieuw uit en zorgen voor een efficiëntere bescherming tegen erosie. De plaatsing van de twijgen gebeurt net boven de gemiddelde zomerwaterstand.

De gebruikte wilgen voor takkenbossen zijn: Katwilg en Waterwilg. Wilgensoorten als Kraakwilg en Schietwilg zijn minder geschikt, tenzij ze regelmatig teruggesnoeid worden. De wilgentakken worden maximum twee weken vóór ze gebruikt worden gesnoeid, zodanig dat de takken weer kunnen uitlopen.



Figuur 4: Gebruik van bundels hakhout van wilg

Toepassing en randvoorwaarden

- enkel bij veel ruimte, niet toe te passen in kleine waterlopen (waterloop smaller dan 5 m): het struikvormig uitlopen van wilgen kan de waterafvoer belemmeren.
- toepassing in stilstaand tot snel stromend water (maximaal 10 m/s)
- maximale waterstandsschommeling tot 1 m (om afsterven te voorkomen)
- aanplant mogelijk van november tot half april

Ecologische voordelen

- het gebruik van wilgentwijgen achter de palenrij verhoogt de ontwikkelings- en verplaatsingskansen voor fauna (paaiplaats en eiafzetmogelijkheden voor vissen, foeragemogelijkheden voor vogels en zoogdieren) en flora, door een versnelde sedimentatie tussen de takkenbossen
- verhoging van de landschappelijke waarde

Ecologische nadelen

- abrupte overgang
- spontane ontwikkeling van een steile (holle) oever wordt verhinderd
- een te hoge sedimentatie tussen de takkenbossen leidt op termijn tot vermindering van paaimagelijkheden
- door een te grote lichtconcurrentie van de Wilgen met oeverplanten (en/of kruiden) zullen deze laatste op termijn weggeconcentreerd worden. Op die manier vermindert de soortendiversiteit

Technisch nadeel

- een wilgenstruweel vraagt veel onderhoud en is dus niet geschikt langs waterlopen die

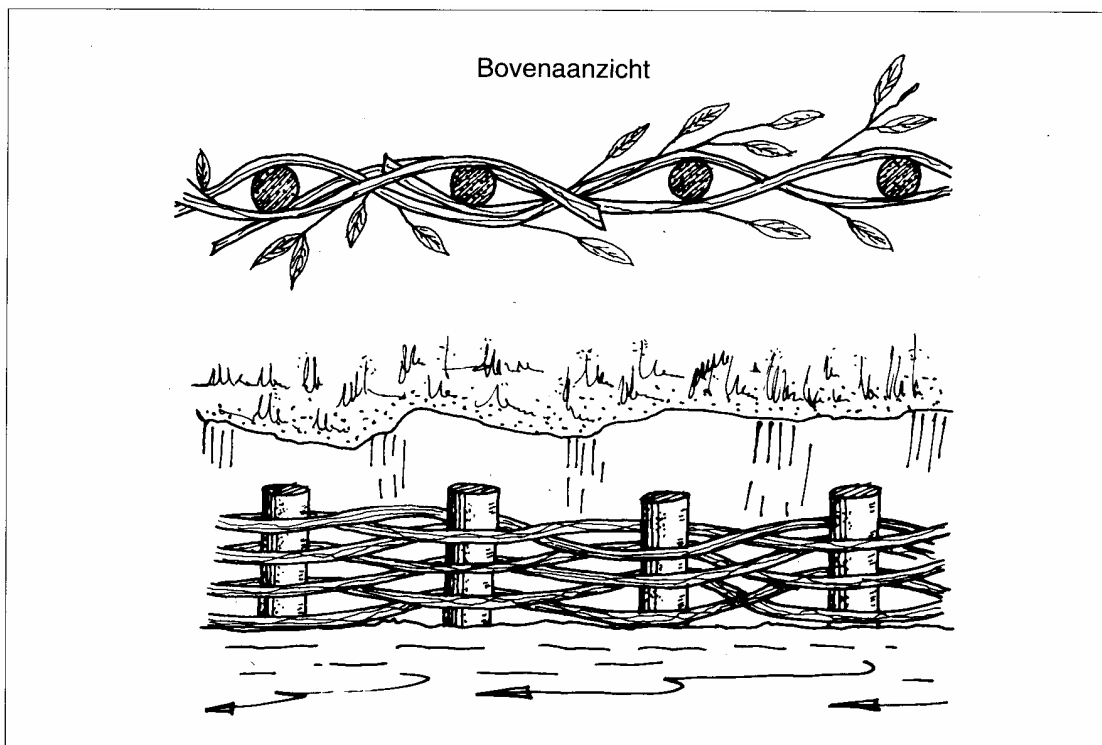
moeilijk toegankelijk zijn voor onderhoud

Concept 1.1.2 Gevlochten wilgentenen tussen palenrijen

Omschrijving

Bundels in elkaar gevlochten wilgentenen worden tussen een dubbele palenrij (van Europees naaldhout of andere inheemse houtsoorten) gevlochten en deels of volledig onder de laagwaterlijn geplaatst. Het gebruik van wilgentwijgen die langer gekapt zijn dan 1 jaar is aan te bevelen bij weinig of beperkte ruimte: deze twijgen lopen niet uit en belemmeren aldus de waterafvoer niet. Het gedeelte achter de verstevigingsconstructie kan aangevuld worden met locale grond indien een verdediging (i.e. een vooroever met plasberm) wenselijk is.

Indien wel uitloop van de wilgentenen gewenst is, dienen ze gekapt te worden tussen november en half april. In plaats van palen van Europees naaldhout kunnen wilgenstaken gebruikt worden, die opnieuw uitlopen.



Figuur 5: Gevlochten wilgentenen tussen palenrijen

Toepassing en randvoorwaarden

- in alle waterlopen toepasbaar, ook in snelstromend water (tot 10 m/s)
- indien boven de waterlijn geplaatst: levensduur wilgentenen maximaal 2 tot 3 jaar; onder waterlijn maximaal 5 jaar; levensduur Europees naaldhout (onder waterlijn) 20-50 jaar
- bij gebruik van wilgentenen die kunnen uitlopen: enkel toepasbaar indien waterloop breder is dan 5 m

Ecologische voordelen

- accentueren van het landschapsbepalend karakter van de waterloop
- refugium voor fauna en uitstapplaats
- door het vastleggen van het sediment tussen de wilgentenen kunnen planten zich aanvankelijk

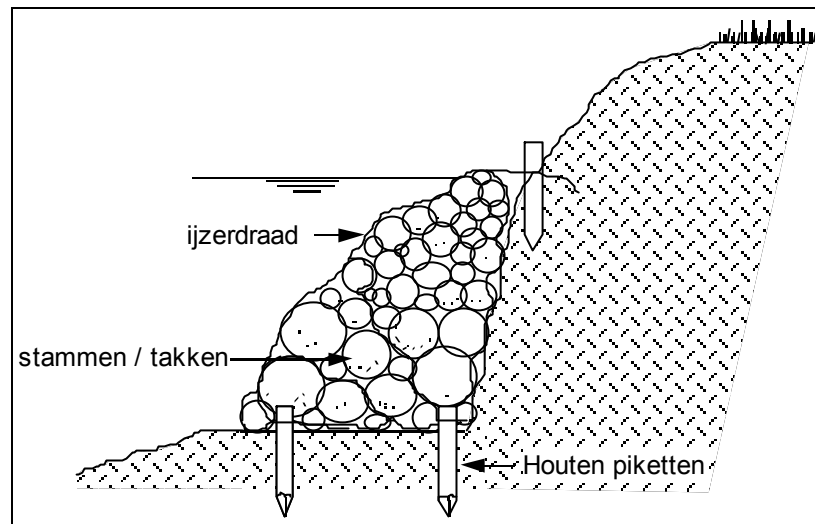
- gemakkelijker vestigen tussen de wilgentenen
- verhoging van de natuurlijkheid van de oever door het uitlopen van de wilgen, landschappelijke meerwaarde

Ecologische nadelen

- door het vastleggen van de oever is ontwikkeling van natuurlijke, holle oeverstructuren niet meer mogelijk
- indien de wilgen uitlopen wordt vooral de toegankelijkheid van de steilrand beperkt en kan er eventueel beschadiging van de steilrand optreden, waardoor nestgelegenheid voor bepaalde vogels (Oeverzwaluw en IJsvogel) verloren gaat

Concept 1.1.3 Houten wand opgebouwd uit boomstammen**Omschrijving**

Boomstammen (en twijgen) worden tegen de teen van de oever geplaatst. Hiervoor kan kap- of snoeihout van ter plaatse (van inheemse boomsoorten) gebruikt worden, waarbij de dikste stammen onderaan komen en de dunste takken (twijgen) bovenaan. Verankering gebeurt door houten piketten tussen de boomstammen te plaatsen en deze vast te maken met ijzerdraad.



Figuur 6: Houten wand opgebouwd uit boomstammen

Toepassing en randvoorwaarden

- toepasbaar in tot matig snelstromend water, voor bescherming van de buitenbocht
- indien geplaatst boven de waterlijn, zullen zachthoutsoorten snel hun oeverbeschermende functie verliezen door rotting, dit concept is niet geschikt voor een duurzame bescherming indien sterke waterstandsschommelingen optreden

Ecologische voordelen

- de gaten tussen de boomstammen vormen o.a. een leefgebied voor watervogels, otters en zelfs hermelijnen en wezels indien droog genoeg (deze laatste twee soorten dus in de holten boven de waterlijn)
- paai- en schuilplaats voor aquatische invertebraten en vissen

Ecologische nadelen

- idem 1.1.2

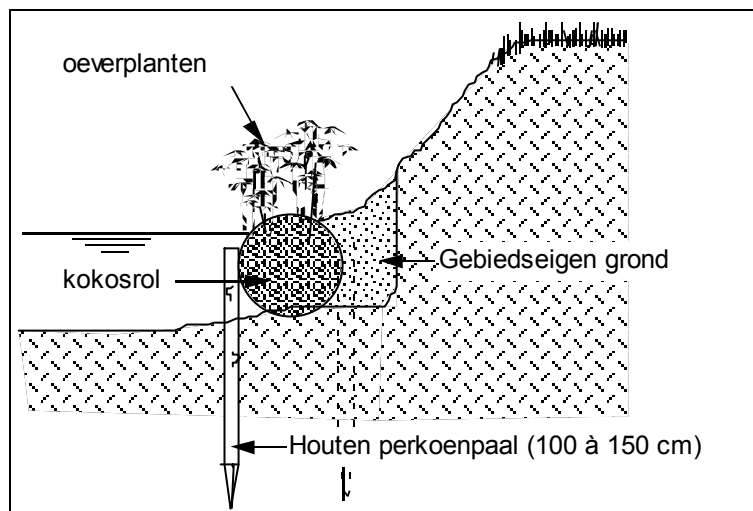
Concept 1.1.4 Gebruik van kokosrollen al of niet voorbeplant met oeverplanten

Omschrijving

Kokosrollen worden aan de teen geplaatst (tot net onder de gemiddelde hoogwaterlijn) en bevestigd tussen een dubbele palenrij of aan een enkele palenrij van Europees onbehandeld naaldhout of andere inheemse houtsoorten. Voor een dubbele palenrij wordt gekozen als er aan de landzijde niet onmiddellijk een aansluitend talud is. Indien gebruik van één enkele palenrij, wordt de ruimte achter de kokosrollen opgevuld met gebiedseigen grond. Nadien kunnen de kokosrollen beplant worden met oeverplanten. Er kan ook gebruik gemaakt worden van reeds vooraf beplante rollen.

De onderlinge afstand van de palen (die dienen voor de verankering van de rol) kan variëren van 0.5 tot 1.0 m; de perkoenpalen dienen, omwille van de beperkte levensduur, 0.05 tot 0.10 m onder de waterlijn geplaatst te worden. Er worden onbehandelde palen van 1.0 tot 1.5 m lengte gebruikt, bijvoorbeeld van dennenhout of andere inheemse houtsoorten.

De rol wordt met touw of ijzerdraad aan de paal bevestigd.



Figuur 7: Kokosrollen al of niet voorbeplant met oeverplanten

Toepassing en randvoorwaarden

- enkel toepasbaar bij niet al te sterke waterstandsschommelingen (<40 cm), anders snelle afbraak kokosrol
- indien matige tot snelle stroomsnelheid: gebruik van voorbeplante rollen (planten zijn reeds goed door de rol geworteld en spoelen dus minder uit), indien geringe stroomsnelheid of stilstaand water: gebruik van niet-voorbeplante rollen is mogelijk
- voor aanplant en ecologische randvoorwaarden: zie literatuurstudie, tabel 2.

Ecologische voordelen

- Na verloop van tijd sterven de kokosrollen af. Tegen dan heeft de vegetatie de oeverbeschermende functie overgenomen. Zowel spontane vestiging van vegetatie als aanplant verhoogt de ecologische en landschappelijke diversiteit

Ecologische nadelen

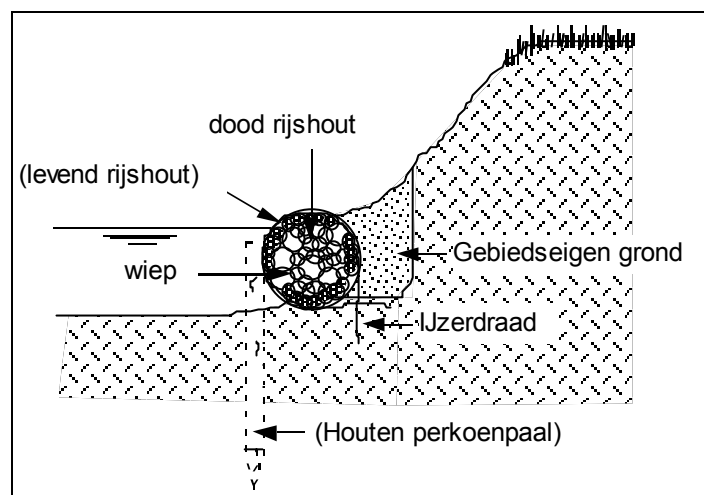
- ontwikkeling van holle steiloevers is niet meer mogelijk (cfr. concept 1.1.2)

Concept 1.1.5 Gebruik van wiepen (wilgenrollen)

Omschrijving

Smaalle wilgentwijgen worden (machinaal) bij elkaar gebonden tot cilinders. Deze "wilgenrol" met een diameter van ongeveer 10 à 20 cm wordt door middel van dik ijzerdraad aan de teen verankerd. Extra bevestiging gebeurt door middel van één palenrij van Europees onbehandeld naaldhout of andere, inheemse houtsoorten vóór de rollen te plaatsen. De achterliggende ruimte wordt opgevuld met gebiedseigen grond.

Indien voldoende ruimte beschikbaar is, wordt gebruik gemaakt van versgekapte wilgentenen (periode november-maart, bij voorkeur plaatsing in de periode half januari-half april), die kunnen uitlopen. Indien het niet wenselijk is dat de wilgen uitlopen (indien de waterloop (i.e. natte oppervlak) smaller is dan 5 m), wordt gebruik gemaakt van dood (niet-uitschietbaar) materiaal.



Figuur 8: Wiepen (wilgenrollen)

Toepassingen en randvoorwaarden

- in snelstromend tot matig snel water
- gebruik van wilgen die uitlopen enkel in waterlopen breder dan 5 m en plaatsing tussen half januari en half april net boven gemiddelde zomerwaterstand

Ecologische voordelen

- door aanslibbing van de grond tussen de palen en de wiepen, krijgen planten de kans zich te vestigen
- de wilgen kunnen uitlopen en zo een ecologische en landschapsverfraaiende functie uitoefenen

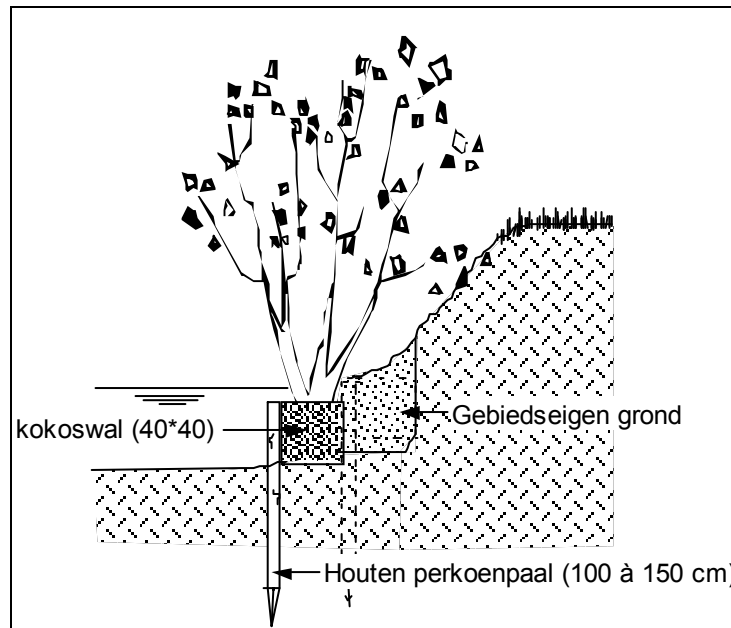
Ecologische nadelen

- indien de wilgen uitlopen wordt vooral de toegankelijkheid van de steilrand beperkt (en kan er eventueel beschadiging van de steilrand optreden), waardoor nestgelegenheid voor bepaalde oeverbewonende vogels verloren gaat

Concept 1.1.6 Gebruik van vierkante kokoselementen (kokoswal)

Omschrijving

Kubusvormige- of balkvormige kokoselementen (wallen) worden aan de teen geplaatst. Ze worden verankerd met een rij palen uit Europees naaldhout of andere, inheemse houtsoorten. Indien de erosie hogerop nog plaatsgrijpt, kan een tweede rij wallen geplaatst worden in trapvorm (zie figuur). Nadien kunnen de wallen beplant worden met wilgen (gebruik van eenjarige, verse stekken is aan te raden indien voldoende ruimte beschikbaar is). De wilgenstekken kunnen op deze manier uitlopen. Ook beplanting met kruidachtige oeverplanten (Riet of Zeggesoorten) is mogelijk (cfr. concept 1.1.4).



Figuur 9: Vierkante kokoselementen (kokoswal)

Toepassingen en randvoorwaarden

- in snelstromend tot matig snel water (tot 4-5 m/s), in het bijzonder waar veel erosie mag verwacht worden (vierkante wallen bieden een goede verankering tegen de teen)
- gebruik van wilgen enkel bij voldoende ruimte (> 5 m)

Ecologische voordelen

- de kokoswal is biodegradeerbaar en verdwijnt dus na enkele jaren. Tegen dan heeft de vegetatie zich kunnen vestigen en neemt deze de erosiewerende functie over.
- kokoswal is doorgroeibaar voor planten, op deze manier bieden ze een schuil- en leefplaats voor o.m. vissen en invertebraten
- wilgengroei heeft een landschapsverfraaiende functie

Ecologische nadelen

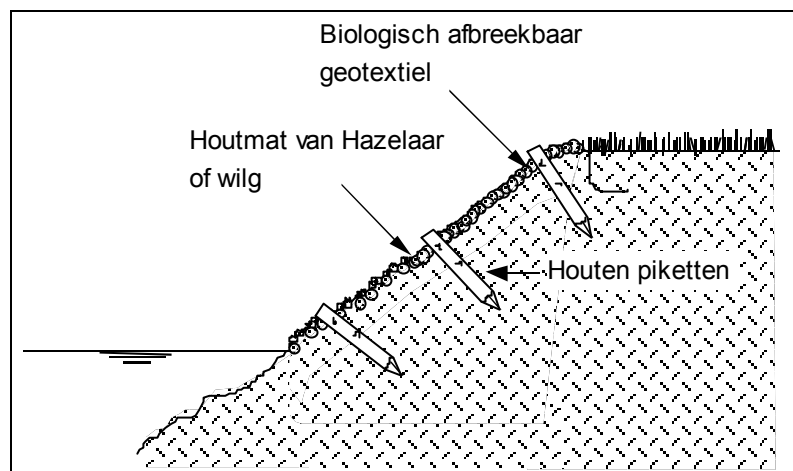
- indien de wilgen uitlopen wordt vooral de toegankelijkheid van de steilrand beperkt (en kan er eventueel beschadiging van de steilrand optreden), waardoor nestgelegenheid voor bepaalde oeverbewonende vogels verloren gaat

1.2 Bescherming oevertalud tegen erosie

Concept 1.2.1 Oeverbescherming d.m.v. houtmatten

Omschrijving

Houtmatten van gekapte Hazelaar of wilgentenen worden bevestigd tegen de oever d.m.v. houten paaltjes van onbehandeld hout. Indien de waterloop voldoende breed is, kunnen wilgentenen gebruikt worden die uitlopen. Om uitspoeling van het talud tegen te gaan, worden geotextielen (kokos) gebruikt onder het vlechtwerk. Omdat het geotextiel dichter geweven is kunnen de gronddeeltjes hieronder niet wegspoelen, wat wel het geval is door de mazen van de houtmatten heen. Het geotextiel dient als extra erosiebescherming.



Figuur 10: Vierkante kokoselementen (kokoswal)

Toepassing en randvoorwaarden

- in principe langs alle waterlopen (maar niet in waterlopen met groot verval); optimaal in drainage- en poldersloten; wilgenopslag is echter niet gewenst in kleine poldersloten
- indien gebruik van wilgen die terug uitlopen: enkel toepasbaar indien veel ruimte beschikbaar is (waterloop breder dan 5 m)

Ecologische voordelen

- oeverplanten kunnen spontaan tussen het vlechtwerk groeien, deze nemen de stabiliserende functie van het vlechtwerk over (vlechtwerk rot na ongeveer 10 jaar) (taludhelling minimaal 6/4 voor een stabiele ontwikkeling van oevervegetatie)
- landschappelijke en ecologische meerwaarde door wilgenopslag

Ecologische nadelen

- een monotone beplanting heeft ecologische en landschappelijke nadelen: een kleinere diversiteit aan organismen en levensgemeenschappen en een monotoner uitzicht

Technische nadelen

- bij het gebruik van uitlopend wilgenvlechtwerk brengt dit een grotere noodzaak tot onderhoud met zich mee, wat weer hogere kosten inhoudt

Concept 1.2.2 Oeverbescherming d.m.v. aanplant van aangepaste boomsoorten**Omschrijving**

Op het talud worden aangepaste boomsoorten (bij voorkeur Zwarte els wegens zijn goede grondvasthoudende functie) aangeplant. Bij een plantafstand van 2 m tot 3 m treedt volledige doorworteling op. Deze wortels zorgen ervoor dat zelfs in waterverzadigde bodems de stabiliteit van het talud verhoogt en de erosie vertraagt of lange tijd stopt.

Indien oe verafslag (onder aan de teen) niet gewenst is, kunnen bundels wilgenhout (takken of stekken van struikvormende soorten) geplaatst worden aan de teen of één van de overige deelconcepten beschreven onder 1.1.

Toepassingen en randvoorwaarden

- snel tot matig snel stromend water (langs snelstromende beken tot 10 m/s), grind, klei
- aanplant 0.4 tot 0.5 m boven de gemiddelde zomerwaterstand, in de maanden november tot mei met een voorkeur voor maart en april, op 1.5 à 2 m van de oeverkruin
- op weinig erosieve plaatsen en hoger in de oever kunnen andere soorten dan Zwarte els gebruikt worden. Wilgen zijn evenwel niet te gebruiken langs kleine, smalle beken (< 5 m breed): het struikachtige karakter ervan kan de waterafvoer te sterk remmen

Ecologische voordelen

- de aangeplante bomen fungeren als nestplaats voor vogels en vormen een corridor in het landschap
- de overhangende takken bieden een schuilplaats voor vogels (o.a. IJsvogel)
- het wortelstelsel vormt een biotoop voor invertebraten en kan een schuilplaats voor vissen vormen
- door aanplant op het talud worden holle oevers bewaard, deze bieden nestgelegenheid voor o.a. oeverswaluw (in zandige, steile oevertaluds)
- landschapsverfraaiende functie

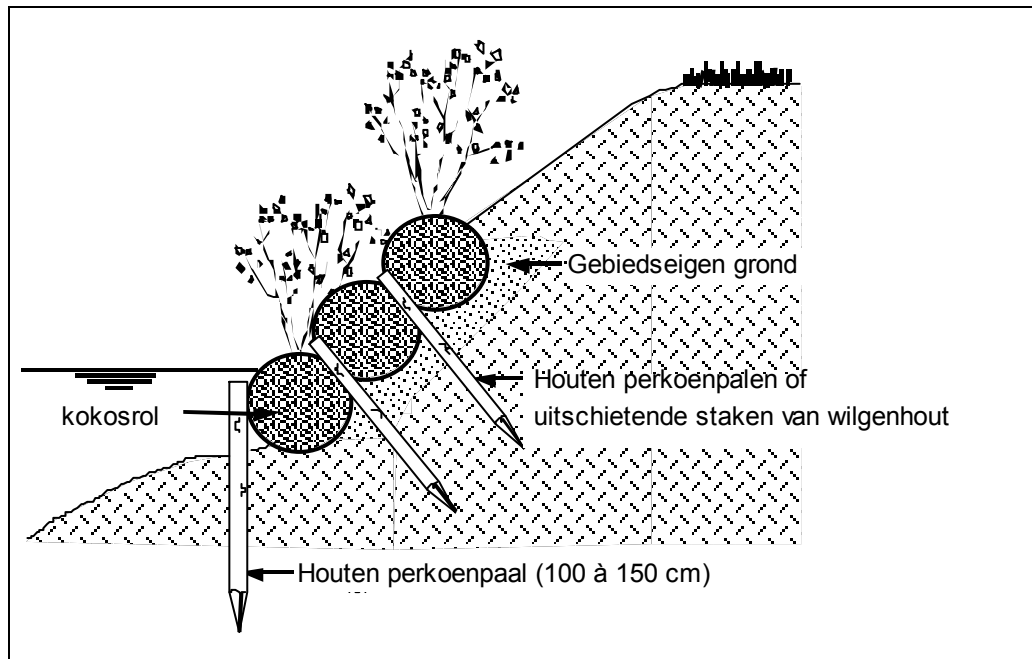
Ecologische nadelen

- een monotone beplanting over grote lengte is niet aan te bevelen omwille van de volgende redenen:
 - bladval betekent een belangrijke bron van organische lasting
 - een te grote schaduwwerking doet de aquatische vegetatie verdwijnen
- een afwisseling van zones met Zwarte els en niet-beplante zones is daarom aan te bevelen. In de niet-beplante zones kan gebruik gemaakt worden van wilgen- of hazelaar-houtmatten. De monotone beplanting kan daarenboven opgevangen worden door een wisselende hakhoutbeheer

Concept 1.2.3 Gebruik van kokosrollen met beplanting ("Hangvorbau")

Omschrijving

Kokosrollen worden zij aan zij horizontaal tegen het talud geplaatst en onderaan en tussenin verankerd met palen van Europees onbehandeld naaldhout, staken van wilgenhout of andere, inheemse houtsoorten. De kokosrollen worden nadien beplant met Zwarte els.



Figuur 11: Kokosrollen met beplanting ("Hangvorbau")

Toepassing en randvoorwaarden

- enkel toepasbaar indien veel ruimte beschikbaar is (>5 m)
- in snel tot matig snel water (tot 4-5 m/s) met wisselende waterstanden
- langs steile oevers (tot 4/4) met groot erosiegevaar
- plaatsing van de rollen gebeurt tot op maximale waterhoogte

Ecologische voordelen

- wilgenopslag en Zwarte els: zie 1.2.2

Ecologische nadelen

- Er is geen vrije beweging meer mogelijk van de waterloop. De oever wordt verstevigd, mogelijkheden voor nestgelegenheid voor de oeverzwaluw worden weggenomen.
- De natuurlijke beweging van de waterloop wordt hierdoor gehypothekeerd.

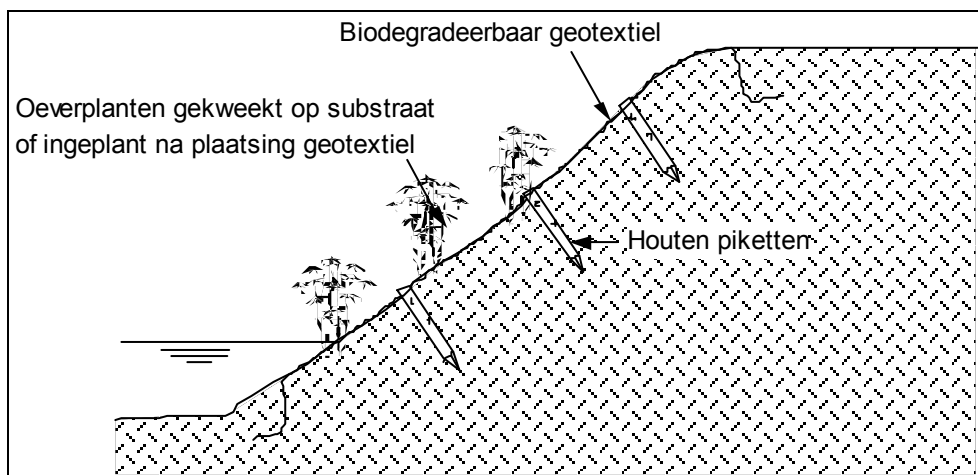
Concept 1.2.4 Gebruik van natuurlijke geotextielen

Omschrijving

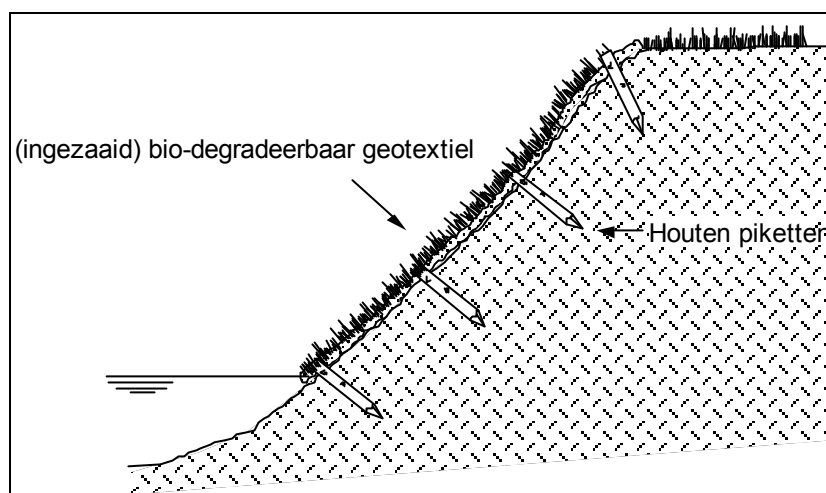
Biodegradeerbare geotextielen van natuurlijk materiaal (bij voorkeur kokos of kokos-composieten wegens zijn relatief lange levensduur) al of niet voorzien van graszaad en/of zaad van kruidachtige planten (bovenaan het talud) of oeverplanten (onderaan het talud) kunnen toegepast worden en bieden een goede erosiebestendigheid, zelfs op steile taluds. Naargelang het gewicht varieert de levensduur van de geotextielen van enkele jaren tot een vijftal jaar. Ondertussen neemt de beworteling van de planten de erosiebestrijdende functie over en kan ook spontane plantengroei bijdragen aan de oeverversterkende functie.

Bevestiging van de geotextielen gebeurt bij voorkeur met houten piketten (zie besteksbepalingen 71.2), of indien voldoende ruimte beschikbaar is met verse wilgenstaken die kunnen uitlopen. Bijkomende verankering dient bovenaan te gebeuren in een sleuf van 20 à 30 cm diepte en onderaan in een gelijkaardige sleuf of met een omslag (zie figuur). Naast elkaar geplaatste matten dienen circa tien cm te overlappen en indien nodig kan een extra verankering voorzien worden op de overlapte zones met metalen L-vormige pinnen.

Bij grotere waterstandschommelingen (> 50 cm; zie toepassingen en randvoorwaarden) dient het talud beschermd te worden met één van de eerder beschreven concepten.



Figuur 12: Ingeplant biodegradeerbaar geotextiel



Figuur 13: Ingezaaid biodegradeerbare geotextiel

Toepassingen en randvoorwaarden

Inzaai van gras of aanplanten met oeverplanten of andere gewassen (bomen of struiken) is niet altijd noodzakelijk of wenselijk. Een spontane vegetatie-ontwikkeling is natuurvriendelijker.

- in matig snel-stilstaand water, waterstandschommeling <50 cm
- bij toepassing van geotextielen met graszaad:
 - o gemiddelde stroomsnelheid maximaal 2.5 m/s
 - o gebruik boven de hoogst verwachte waterstand
 - o in stilstaand tot traag stromend water (tot 0.5 m/s): geotextiel van kokos (minimum 700 g/m² wordt aangeraden)
 - o in matig snel stromend water (0.5 tot 2.5 m/s): versterkt geotextiel van kokos (minimum 900 g/m²)
- bij toepassing van oeverplanten: keuze afhankelijk van streekeigenheid van bodemsoort, taludhelling en waterdiepte/fluctuatie (zie literatuurstudie, tabel 2), gebruik van voorbeplante geotextielen in situaties waar snel afslag kan verwacht worden (steilere oevers) en op plaatsen waar snel schade moet worden hersteld.
- aanleg bij voorkeur in februari-maart, toepassing van geotextielen met graszaad niet gebruiken in december-januari (geen kieming van zaad)

Ecologische voordelen

- snelle ontwikkeling van een oeverzone met oeverplanten, die een geschikt leefgebied vormen voor o.a. broedende vogels (o.a. Blauwborst, Kleine karekiet, Rietzanger), invertebraten en tevens paaipplaats en eiafzetmogelijkheden voor vissen. Rietkragen dienen wel bij voorkeur een minimum breedte van 4 m te hebben, vooraleer ze een geschikt leef- en broedgebied kunnen vormen voor genoemde vogelsoorten.

Ecologische nadelen

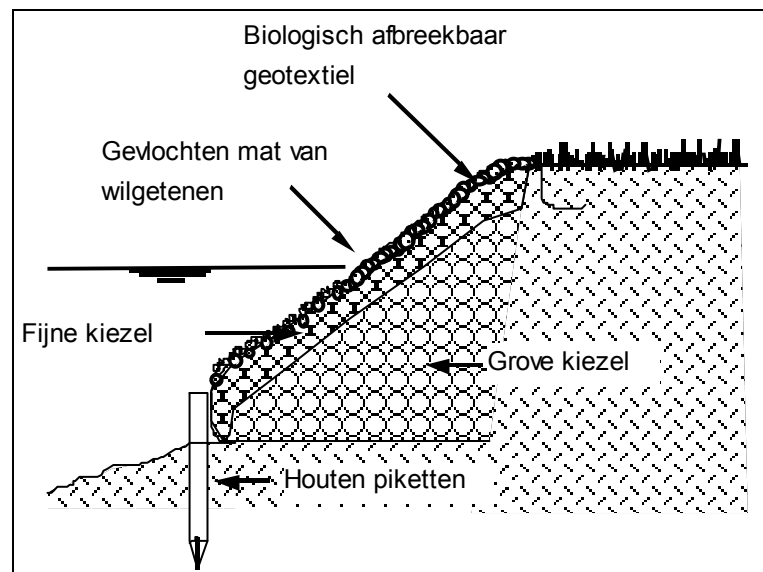
- er is geen vrije beweging meer mogelijk van de waterloop
- de natuurlijke beweging van de waterloop wordt hierdoor gehypothekeerd
- als de oever wordt verstevigd, worden mogelijkheden voor nestgelegenheid voor de oeverzwaluw weggenomen

Concept 1.2.5 Oeverbescherming met wilgentenen op een biodegradeerbaar geotextiel

Omschrijving

De oever van de buitenbocht wordt afgegraven tot aan de laagwaterlijn. Het profiel wordt nadien opgevuld met grove kiezel waarop een laag fijne kiezel vermengd met grond komt. Hierop komt een geotextiel van natuurlijke vezels (best kokos, deze heeft een relatief lange levensduur). Op het geotextiel worden wilgentenen aangebracht (gevlochten).

Indien uitloop van de wilgentenen gewenst is (veel ruimte beschikbaar), dienen de twijgen gekapt te worden tussen november en half april en moeten, om uitschieten toe te laten, twijgen gebruikt worden die niet langer dan 1 jaar geleden gekapt zijn.



Figuur 14: Oeverbescherming met wilgentenen op een biodegradeerbare geotextiel

Toepassing en randvoorwaarden

- in alle waterlopen toepasbaar, ook in snelstromend water

Ecologische voordelen

- accentueren van het landschapsbepalend karakter van de beek
- nestgelegenheid voor vogels
- overhangende takken zijn rust en foerageerplaats voor bepaalde vogels (o.a. IJsvogel) en insecten

Ecologische nadelen

- natuurlijke oeverstructuren zoals holle en steile oevers verdwijnen
- door het vastleggen van deze oever is herstel van deze natuurlijke oeverstructuren ook niet meer mogelijk

HOOFDCONCEPT 2

Oeverbescherming normale tot zeer flauwe oevers

N.B. De concepten 2.1.1, 2.2.1 en 2.2.2 vallen onder natuurlijke oeverbescherming, de overige concepten binnen hoofdconcept 2 onder natuurtechnische oeverbescherming.

In de praktijk zal een natuurlijke oeverbescherming zeer zelden kunnen toegepast worden: er doen zich immers situaties voor waarbij niet aan de vestigingseisen van een oeervegetatie wordt voldaan, maar waar een eenmaal gevestigde (aangeplante en aangeslagen) vegetatie zich wel kan handhaven. Dit kan dan opgelost worden door tijdelijke maatregelen (natuurtechnische materialen) te gebruiken. Na verloop van tijd neemt de oeervegetatie de beschermende en verstevigende functie over. Voor de vestigingseisen (standplaatsfactoren) van oeverplanten wordt verwezen naar het deel literatuurstudie, tabel 2.

2.1 *Bescherming teen tegen erosie*

Concept 2.1.1 Oeverbescherming door middel van kruidachtige planten
--

Omschrijving

Aanplant van plantmateriaal (oeverplanten) aan de teen zorgt via de beworteling voor de vastlegging van de oever. Deze methode waarbij alleen gebruik gemaakt wordt van plantmateriaal is enkel geschikt voor oevers met een geringe waterstandschommeling. De maximale tolereerbare stroomsnelheden zijn afhankelijk van de bodemsamenstelling, maar voor stroomsnelheden groter dan 0.5 m/s zal wellicht een bijkomende versteviging met biologisch afbreekbare geotextielen nodig zijn, vermits hoge stroomsnelheden voor uitspoeling van grond en planten zorgen. Een bijkomende versteviging verhelpt aan dit euvel.

De keuze van het plantmateriaal is afhankelijk van de waterdiepte:

- 0.10 tot 2 m waterdiepte: Grote lisdodde (sapropeliumlaag vereist)
- 0.15 tot 1 m waterdiepte: Mattenbies
- + 0.50 m boven waterpeil tot 0.25 m waterdiepte: Riet
- rond waterlijn: Scherpe zegge, Moeras- en Oeverzegge

Toepassing en randvoorwaarden

- in stilstaand tot matig snel stromend water (tot 0.5 m/s)
- taludhelling zwakker dan 6/4
- toepassing van oeverplanten is afhankelijk van stroomsnelheid en taludhelling (zie literatuurstudie, tabel 2)
- planten bij voorkeur in de vegetatieperiode (maart-oktober), later geplante oeverplanten hebben nog geen oeverbeschermende functie, tenzij Riet. Riet wordt bij voorkeur vóór maart/april of in oktober/november geplant, omdat anders te veel beschadiging van de wortels optreedt

Ecologische voordelen

- aanplant zorgt snel voor een geschikt leefgebied voor organismen (schuil- en nestgelegenheid voor fauna)
- landschappelijke meerwaarde

Ecologische nadelen

- wanneer oeverplanten gebruikt worden die niet in de omgeving thuishoren, dan is dit ten nadele van de aanwezige ecologie. De keuze van de planten moet gebeuren in functie van de streekeigenheid en de noodzakelijkheid.
- wanneer er flauwe oevers worden aangelegd die van nature op die plaats niet voorkomen is dit eveneens ten nadele van de ecologie.

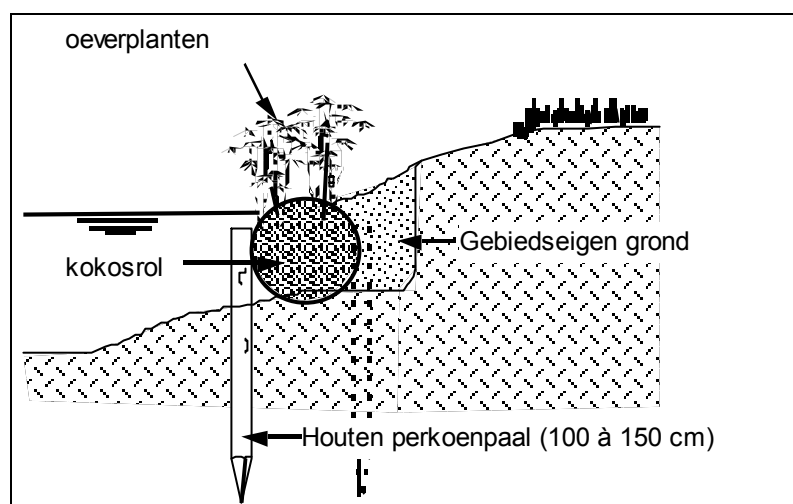
Concept 2.1.2 Oeverbescherming met beplante kokosrollen

Omschrijving

De kokosrollen worden met gegalvaniseerd staaldraad bevestigd aan een enkele of dubbele palenrij. Er wordt gekozen voor een dubbele palenrij als er langs de landzijde niet onmiddellijk een aansluitend talud is.

Als de rol geplaatst is, wordt de ruimte tussen de rol en het talud zo nodig met grond opgevuld. De rol moet ongeveer 5 tot 10 cm boven het water (zomerpeil) uitsteken. Deze rollen zijn reeds beplant met plantmateriaal naar keuze, al wordt Riet omwille van zijn grote amplitude qua waterdiepte het meest aangewend. Na verloop van tijd is de rol doorgroeid met wortels, zodat de planten de verstevigende functie overnemen. Ook uitgroeiende planten in de nabijheid van de kokosrollen kunnen de rollen doorgroeien, zodat deze mee een beschermende functie uitoefenen.

Naast het gebruik van voorbeplante rollen, kunnen de oeverplanten ter plaatse in de rol geplant worden.



Figuur 15: Kokosrollen beplant met oeverplanten

Toepassing en randvoorwaarden

- in gering tot matig snel stromend water (tot 2.5 m/s)
- in wateren met geringe waterstandschommelingen (waterstandschommeling <50 cm)
- voorbeplante rollen oefenen hun beschermende functie met oeverplanten uit in het vegetaties seizoen (tenzij bij gebruik van Riet, die in de winter nog een oeverbeschermende functie uitoefent met zijn dode halmen). Voorbeplante rollen hebben meer voordelen indien er snelle stroomsnelheden optreden (er treedt minder uispoeling en wegspoeling van de planten op). Indien plaatsing in de winter gebeurt, kan geopteerd worden voor niet-voorbeplante rollen, en kunnen deze rollen later in het voorjaar nog geplant worden met oeverplanten.

Ecologische voordelen

- snelle ontwikkeling van een oeverzone die als leefgebied dient voor talrijke organismen
- landschapsverfraaiende functie
- door zijn flexibele vorm volgt de kokosrol de natuurlijke oevervorm

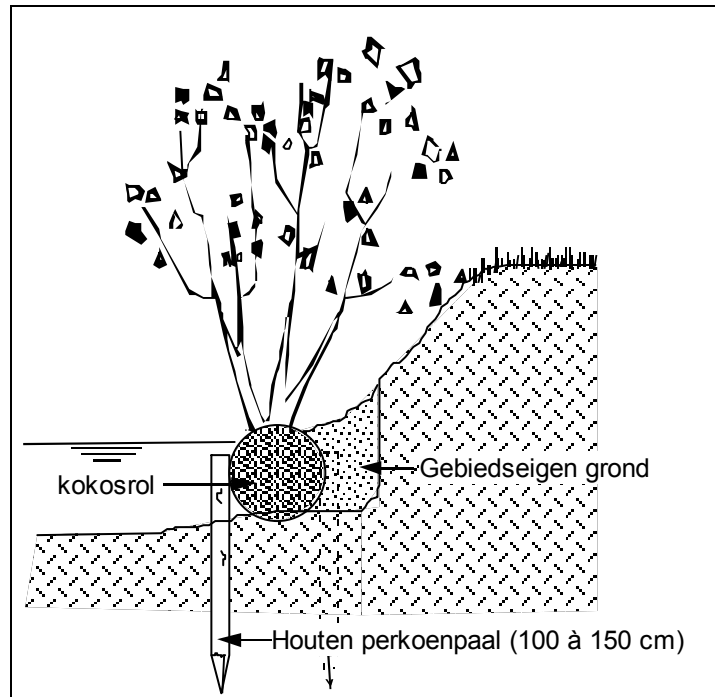
Ecologische nadelen

- indien kokosrollen worden beplant met niet-inheemse of niet-streekeigen planten is dit ten nadele van de ecologie
- onbegroeide of bijna onbegroeide flauwe oevers hebben ook een natuurlijke, ecologische waarde, die verdwijnt wanneer deze versteviging wordt aangebracht
- vastlegging van de oever verhindert natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen

Concept 2.1.3 Gebruik van kokosrollen met beplanting van bosgoed en heesters

Omschrijving

Idem als 2.1.2, maar de kokosrollen worden beplant met Wilg (struikwilgen), Zwarte els of andere houtsoorten. Er kan gebruik gemaakt worden van stekken, éénjarige planten of heesters.



Figuur 16: Kokosrol met beplanting van bosgoed en heesters

Toepassing en randvoorwaarden

- enkel toepasbaar bij niet al te sterke waterstandschommelingen (waterstandschommeling tot 0.5 m)
- enkel toepasbaar indien veel ruimte beschikbaar is (waterloop breder dan 5 m)
- stroomsnelheid gering tot matig snel (tot 2.5 m/s)
- goed toe te passen indien geen afslag van de teen van een steile oever gewenst is, maar men toch gebruik wil maken van de oeverbeschermende eigenschappen van Zwarte els of Wilgen

Ecologische voordelen

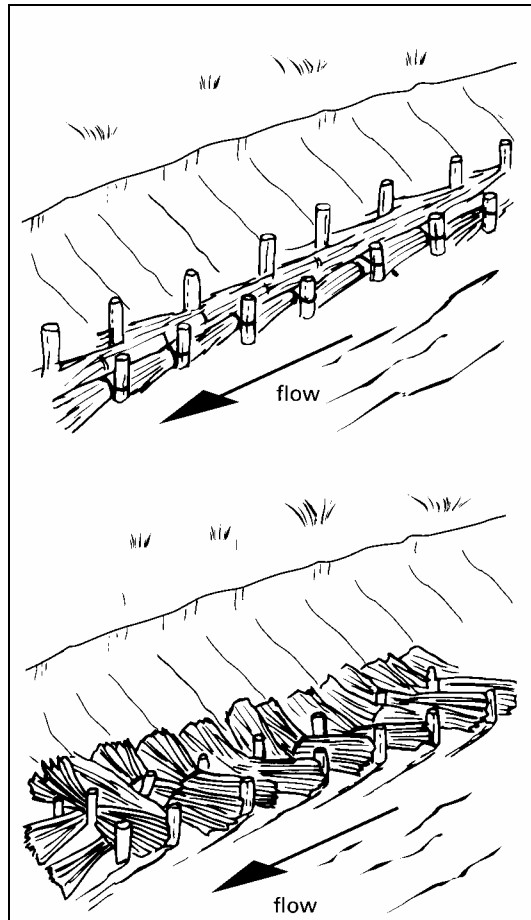
- door de wilgengroei is het geheel landschappelijk en ecologisch aantrekkelijker
- nestgelegenheid voor sommige vogels
- overhangende takken zijn rust en foerageerplaats voor bepaalde vogels (o.a. IJsvogel) en insecten

Ecologische nadelen

- te sterke beschaduwning van het water door bomen en verhoogde bladval kan een degradatie van het aquatisch ecosysteem (afsterven watervegetaties door beschaduwning en eutrofiëring tengevolge van bladval) veroorzaken. Te grote beschaduwning kan opgevangen worden door het toepassen van een wisselend hakhoutbeheer, of door het deels niet beplanten van stroken (tussen de verschillende beplante stroken bepaalde stroken vrij laten)
- vastlegging van de oever verhindert natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen

Concept 2.1.4 Oeverbescherming met takkenbossen van wilgen of andere, inheemse houtsoorten tussen palen**Omschrijving**

Tenen van inheemse houtsoorten (bij voorkeur Wilgensoorten, omdat deze kunnen uitlopen indien voldoende ruimte, d.w.z. > 5m, beschikbaar is) worden tot takkenbossen gebonden (lengte 2-3 m, Ø 30 cm) en tussen een dubbele palenrij van wilgenstammen of andere, inheemse houtsoorten (lengte 1 m) in de lengte geplaatst. Vasthechting gebeurt met ijzerdraad.



Figuur 17: Oeverbescherming met takkenbossen.

Toepassing en randvoorwaarden

- in stilstaand tot traagstromend water (tot 0.5 m/s)
- bij gebruik van wilg die uitloopt enkel toepasbaar indien voldoende ruimte (> 5 m) beschikbaar is; Katwilg is de meest geschikte wilgensoort (bossige, lage struikvorm en snelle groei).

Ecologische voordelen

- bevordering van de natuurlijke accumulatie van slib waarin invertebraten leven
- bij gebruik van wilg die kan uitlopen ontstaat er een landschapsverfraaiende functie

Ecologische nadelen

- Riet of andere kruidachtige oeverplanten zullen zich enkel tussen takkenbossen van niet-uitlopende houtsoorten kunnen vestigen (omwille van lichtconcurrentie)
- te sterke beschaduwing van het water door bomen en verhoogde bladval kan een degradatie van het aquatisch ecosysteem (afsterven watervegetaties door beschaduwing en eutrofiëring tengevolge van bladval) veroorzaken. Te grote beschaduwing kan opgevangen worden door het toepassen van een wisselend hakhoutbeheer, of door het deels niet beplanten van stroken (tussen de verschillende beplante stroken bepaalde stroken vrij laten).
- vastlegging van de oever verhindert natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen

2.2 *Bescherming oevertalud tegen erosie*

Concept 2.2.1: Oeverbescherming door middel van kruidachtige planten

Omschrijving

Bepanting met oeverplanten zonder tijdelijke versterking kan enkel gebeuren op flauwe tot zeer flauwe taluds met geringe stroming. Bij flauwe taluds kunnen kluitplanten gebruikt worden; voor flauwe taluds langs wateren met matig snelle stroomsnelheden wordt het best gebruik gemaakt van afgeharde planten met een goed ontwikkeld wortelsysteem.

Toepassing van graszaad (bezaaiingen) kan enkel boven de waterlijn gebeuren.

Toepassing en randvoorwaarden

- enkel toepasbaar in traag tot matig snel stromend water (tot 0.7 m/s)
- taludhelling zwakker dan 6/4
- aanplant van oeverplanten en bezaaiingen: zie literatuurstudie, 1.3.1
- ecologische randvoorwaarden: zie literatuurstudie, tabel 2

Ecologische voordelen

- snelle ontwikkeling van een begroeide oever

Ecologische nadelen

- wanneer gebruik gemaakt wordt van niet-inheemse of niet streekeigen soorten is dit altijd ten nadele van de plaatselijke levensgemeenschap en de ecologie.
- door het aanplanten is geen spontane ontwikkeling meer mogelijk.

Concept 2.2.2 Oeverbescherming door middel van aanplant van Wilgen, Zwarte els of andere, inheemse loofbomen**Omschrijving**

Wilgen, Zwarte els of andere, inheemse loofbomen kunnen rechtstreeks op het talud aangeplant worden. Voor het materiaal kunnen vers gekapte wilgenstammen (eenjarige twijgen) of bosgoed gebruikt worden.

Zowel boom- als struikvormende soorten kunnen gebruikt worden, afhankelijk van de beschikbare oppervlakte: volgroeide boomvormende soorten (Schietwilg en Kraakwilg) hebben ongeveer een grondoppervlak met een diameter van 15 tot 20 m nodig, struikvormende soorten (Katwilg, Bittere wilg, Boswilg) 8 tot 10 m.

Toepassing en randvoorwaarden

- taludhelling zwakker dan 4/4
- stroomsnelheden tot maximaal 10 m/s
- aanplantmethoden: zie literatuurstudie, 1.3.2
- aanplant vanaf 2 m boven gemiddelde zomerwaterstand

Ecologische voordelen

- landschappelijke meerwaarde
- wortels bieden rustplaats aan invertebraten

Ecologische nadelen

- wanneer gebruik gemaakt wordt van niet-inheemse of niet streekeigen soorten is dit altijd ten nadele van de plaatselijke levensgemeenschap en de ecologie
- door het aanplanten is geen spontane ontwikkeling meer mogelijk

Concept 2.2.3 Gebruik van biodegradeerbare geotextielen (met of zonder voorbeplanting)

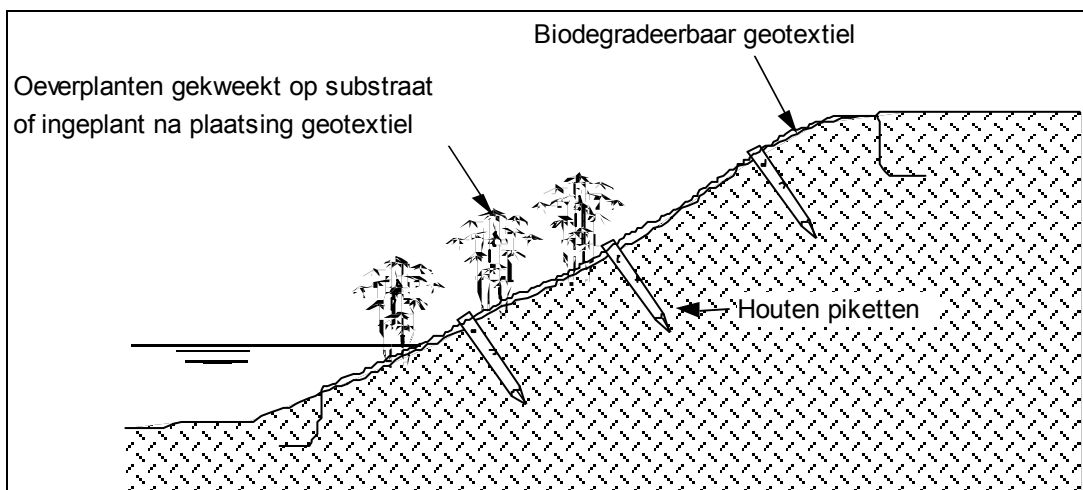
Omschrijving

Biodegradeerbare geotextielen (of matrassen) van natuurlijk materiaal (bij voorkeur kokos of kokos-composieten) reeds voorzien van graszaad of oeverplanten kunnen toegepast worden boven de waterlijn of op de waterlijn. Hierbij komt het gedeelte met de oeverplanten lager op het talud terecht dan het gedeelte met de graszaden.

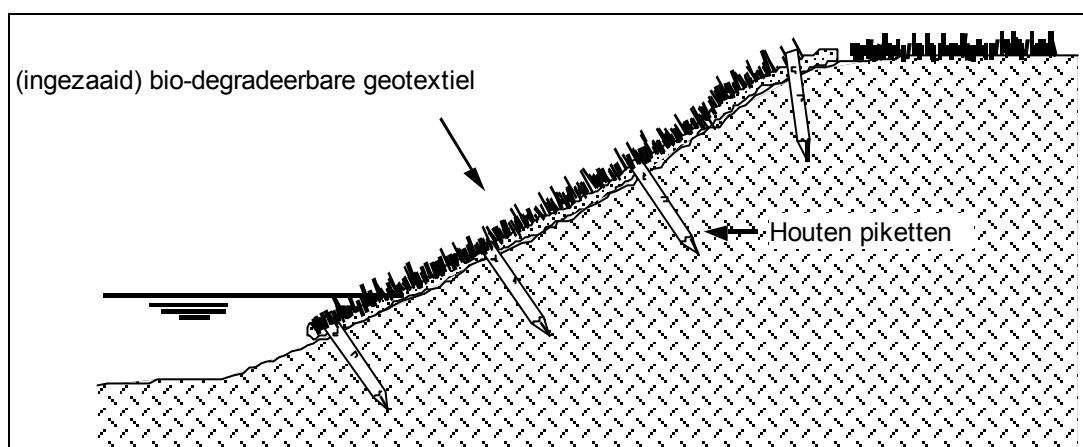
Naargelang de producent varieert de levensduur van de geotextielen van 2 tot 3 jaar (kokos-stro) tot een 5 jaar (kokos). Ondertussen neemt de beworteling van de planten de erosiebestrijdende functie over en kan ook spontane plantengroei bijdragen aan de oeverversterkende functie.

Bevestiging van de geotextielen gebeurt bij voorkeur met houten piketten (zie besteksbepalingen 71.2), of indien voldoende ruimte beschikbaar is met verse wilgenstaken die kunnen uitlopen. Bijkomende verankering dient bovenaan te gebeuren in een sleuf van 20 à 30 cm diepte en onderaan in een gelijkaardige sleuf of met een omslag (zie figuur). Naast elkaar geplaatste geotextielen dienen circa tien cm te overlappen en indien nodig kan een extra verankering voorzien worden op de overlapt zones met metalen L-vormige pinnen.

Indien geen beplanting of graszaad aanwezig is in het geotextiel, dient het talud nadien afgestrooid te worden met een laag gebiedseigen grond van 5 cm dikte.



Figuur 18: Voorbeplante biodegradeerbaar geotextiel



Figuur 19: Ingezaaid biodegradeerbaar geotextiel

Toepassing en randvoorwaarden

- in stilstaand tot traag stromend water (< 0.5 m/s): geotextiel van kokos (minimum 500 g/m^2 wordt aangeraden)
- in snelstromend water (> 3 m/s): versterkt geotextiel van kokos (minimum 800 g/m^2)

Voor verdere beschrijving, toepassingen en randvoorwaarden en ecologische voor- en nadelen zie 1.2.4.

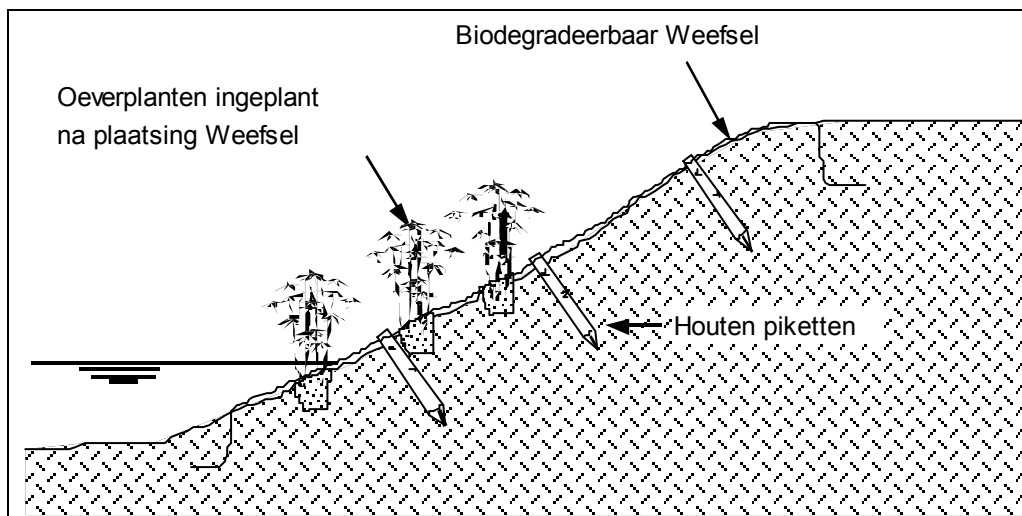
Concept 2.2.4 Gebruik van biodegradeerbare geotextielen (zonder beplanting)

Omschrijving

Kokosweefsels (type biodegradeerbaar geotextiel) worden op het talud gelegd en piketten in de ondergrond verankerd. Verankering gebeurt bij voorkeur met piketten (lengte 50 cm van onbehandeld naaldhout (5 per vierkante meter) of wilgentenen die kunnen uitlopen.

Na de plaatsing van de weefsels worden driejarige kluitplanten ingeplant of zaadgoed ingezaaid. Een weefsel met een maaswijdte van 25 mm biedt de beste kansen voor ontwikkeling van de planten en heeft toch nog een goede erosiebeschermende functie.

Inzaai van zaadgoed gebeurt het best op een weefsel met minimum maaswijdte van 10 mm.



Figuur 20: Biodegradeerbaar geotextiel (zonder voorafgaande beplanting)

Toepassingen en randvoorwaarden

- enkel toepasbaar in stilstaand of traagstromend water
- bij gebruik van wilgen als piketten: waterloop breder dan 5 m
- gebruik van kokosweefsels met zaadgoed enkel boven de waterlijn toepasbaar
- kokosweefsels kunnen ook toegepast worden onder de waterlijn en beplant worden met oeverplanten (aanplant, zie literatuurstudie)

Ecologische voordelen

- snelle ontwikkeling van een begroeide oever
- landschappelijke inpassing

Ecologische nadelen

- geen, tenzij de stroomsnelheid té groot wordt voor oeverplanten of gras, zodat uitspoeling plaatsvindt

HOOFDCONCEPT 3

Natuurlijke inrichting van waterlopen

N.B. Binnen hoofdconcept 3 is alleen sprake van natuurlijke oeverbescherming.

3.1 *Verbrede profielen*

Profielverbreding is in drie typen onder te verdelen: plasbermen, drasbermen en flauwe taluds. De specifieke abiotische omstandigheden leiden tot bepaalde accenten in de natuurlijke ontwikkeling. De uitgangssituatie qua beschikbare ruimte, bodemtype, waterkwaliteit en peilregime is medebepalend voor een juiste keuze uit de drie typen.

De aanleg van plas- of drasbermen houdt in dat het beekprofiel wordt verruimd (in de vorm van verbreding van het dwarsprofiel), waarbij één of beide oeverzones worden omgevormd tot ondiepe onderwatertaluds waarna een beplanting met oever- en waterplanten kan geschieden.

Een plasberm, drasberm of een flauw talud, over de hele lengte van de waterloop op standaard wijze en strak uitgevoerd, zal relatief weinig variatie te zien geven. Binnen de ruimte die een verbreed profiel biedt, is de noodzaak van een strikte uitvoering niet aanwezig. Een gevarieerd microreliëf biedt meer kansen voor de vestiging van verschillende plantensoorten.

Concept 3.1.1 Aanleg van plasbermen

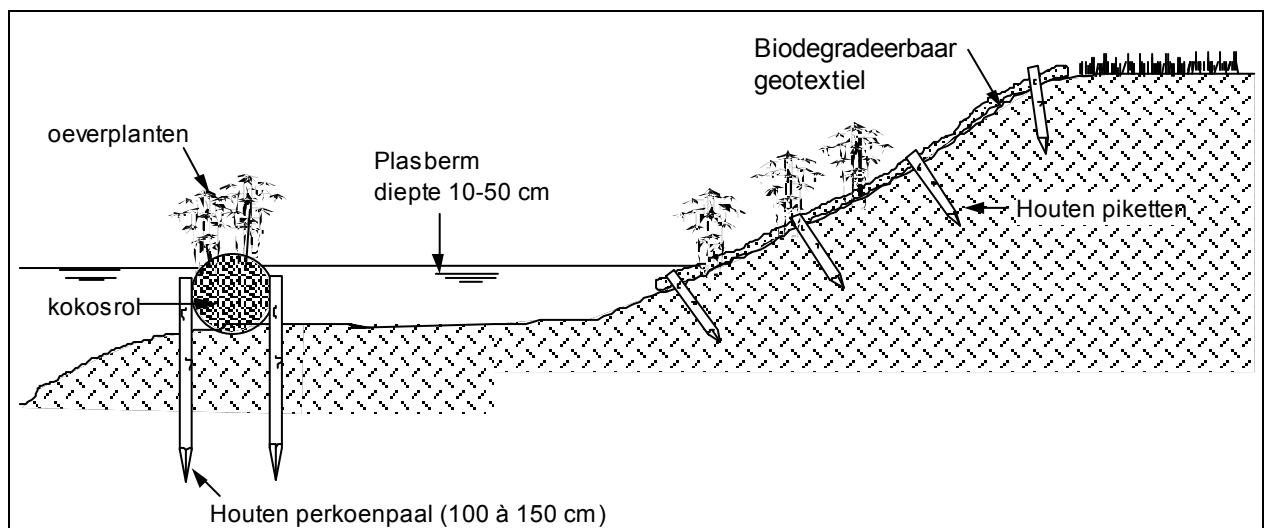
Omschrijving

Een plasberm is een natte oeverstrook die langs een waterloop wordt aangelegd. De plasbermen dienen 50 tot 10 cm onder het gemiddelde waterpeil te worden uitgegraven. In deze zone kunnen verlandingsvegetaties ontwikkelen (Riet, Lisdodde, Liesgras) of worden aangeplant. Door het aanleggen van een vooroever kan een stilwater-zone gecreëerd worden. De vooroever kan bestaan uit een houten palenrij, een houten palenrij met takkenbundels of wiepen, of een dam gevormd door erosiewerende kokosrollen (zie figuren).

Afhankelijk van de beschikbare ruimte kan een plasberm vlak aangelegd worden of met een zacht hellend talud.

De optimale breedte van een plasberm ligt tussen de 2 m en de 5 m en de waterdiepte bedraagt maximaal 50 cm.

Een biodegradeerbaar geotextiel kan het talud achter de constructie tegen erosie beschermen. Het geotextiel heeft een tijdelijke oeverbeschermende functie die wordt overgenomen door de oevervegetatie. De plaatsing ervan dient 0.5 m boven het hoogste peil en 0.5 m onder het laagste peil worden gelegd. Bevestiging van de geotextielen gebeurt bij voorkeur met houten piketten (zie besteksbepalingen 71.2), of indien voldoende ruimte beschikbaar is met verse wilgenstaken die kunnen uitlopen. Bijkomende verankering dient bovenaan te gebeuren in een sleuf van 20 à 30 cm diepte en onderaan in een gelijkaardige sleuf of met een omslag (zie figuur). Naast elkaar geplaatste geotextielen dienen circa tien cm te overlappen en indien nodig kan een extra verankering voorzien worden op de overlapte zones met metalen L-vormige pinnen.



Figuur 21: Aanleg van plasberm

Toepassingen en randvoorwaarden

- in traagstromende wateren met geen of geringe waterpeilschommelingen, bijvoorbeeld langs kanalen of grotere waterlopen (niet aan te raden in kleine stromende wateren als middenloop- en bovenloopbeken); indien het zomerpeil hoger is dan het winterpeil is een flauw talud aan te raden
- aanleg van plasbermen kan vanaf een taludhelling van 12/4, maar het talud van een paaiplaats heeft bij voorkeur een helling van 30/4. Is het talud boven de plasberm begroeid, dan mag deze helling niet steiler zijn dan 12/4, vermits de begroeiing anders de plasberm teveel beschaduw

- een onnatuurlijke grote (>20 cm) of frequente fluctuatie in de waterstand (vooral in het groeiseizoen) belemmert de ontwikkeling van de vegetatie in de plasberm en is nadelig voor ontwikkeling van de vispopulatie (noch in het voorjaar, noch in de zomer mogen de plasbermen droog komen te staan, wat van belang is voor het paaïen van vis en het uitkomen en opgroeien van het broed tijdens de periode van maart tot september)
- aanleg dient te geschieden in de voor de oeverplanten gunstige periode (april-mei)
- nitraat- en fosfaatrijk water heeft een negatieve invloed op de ontwikkeling en natuurwaarde van de plasberm: een hoge toevoer van dit water stimuleert voornamelijk de ontwikkeling van ruigtesoorten zoals Liesgras en leidt daardoor tot een zeer hoge biomassa-productie
- bij plasbermen ligt het accent in de vegetatie op de ontwikkeling van helofyten. Soorten die geschikt zijn om in de plasberm aan te wenden zijn:
 - * zelden boven water wortelend:
 - Mattenbies
 - Grote en Kleine lisdodde
 - * vaak tot ver boven water wortelend:
 - Riet
 - Liesgras
 - Rietgras
- in wateren met een hoge stikstof concentratie worden monoculturen ontwikkeld van Liesgras (op zandgrond) en Riet (op klei- en veengrond)
- om uitwisseling tussen het water en de plasberm mogelijk te maken, moeten er openingen voorzien worden (onder de vorm van plaatselijk verlaagde bermen). Deze openingen mogen maximaal zo diep zijn als de waterdiepte in de plasberm. Dit vermijdt wegzuiging van het bodemsubstraat en beperkt tegelijkertijd sedimentatie. Per 80 m plasberm worden doorgaans 2 openingen van (maximaal) 2-3 m lengte voorzien. Bij kleinere plasbermen moeten regelmatigere openingen voorzien worden.

Ecologische voordelen

- vermindering van het negatieve doorspoeleffect bij hoge piekafvoeren door een verlaging van de gemiddelde stroomsnelheid en vooral in begroeide zones afvlakking van de stroomsnelheidsfluctuaties (positief voor bepaalde vissen en invertebraten): belangrijk voor bijna alle inheemse vissoorten als paaïplaats, als foerageergebied of als leefgebied
- aanvullende verdiepingen bieden mogelijk een grotere temperatuurstabiliteit (belangrijk voor vissen)
- wanneer de plasberm beplant wordt, zal naast de ecologische waarde van de vegetatie, het natuurlijk waterzuiverend vermogen in belangrijke mate worden verhoogd (voornamelijk bij gebruik van Riet, maar ook bij gebruik van Lisdodde, Gele lis en Mattenbies).
- moerasvegetaties krijgen meer ruimte, wat nestgelegenheid biedt aan tal van watervogels (o.a. Waterhoen, Dodaars, Wilde eend, Fuut) en broedplaats voor o.a. Blauwborst, Karekiet, ook voor ralachtigen
- ontwikkeling van interessante moeras- en waterplantenvegetaties in de plasberm

Ecologisch nadeel

- na een tijd kan de plasberm verzanden, zodat ruiming nodig is. Dit is vaak ten nadele van de verschillende organismen die zich in de plasberm gevestigd hebben

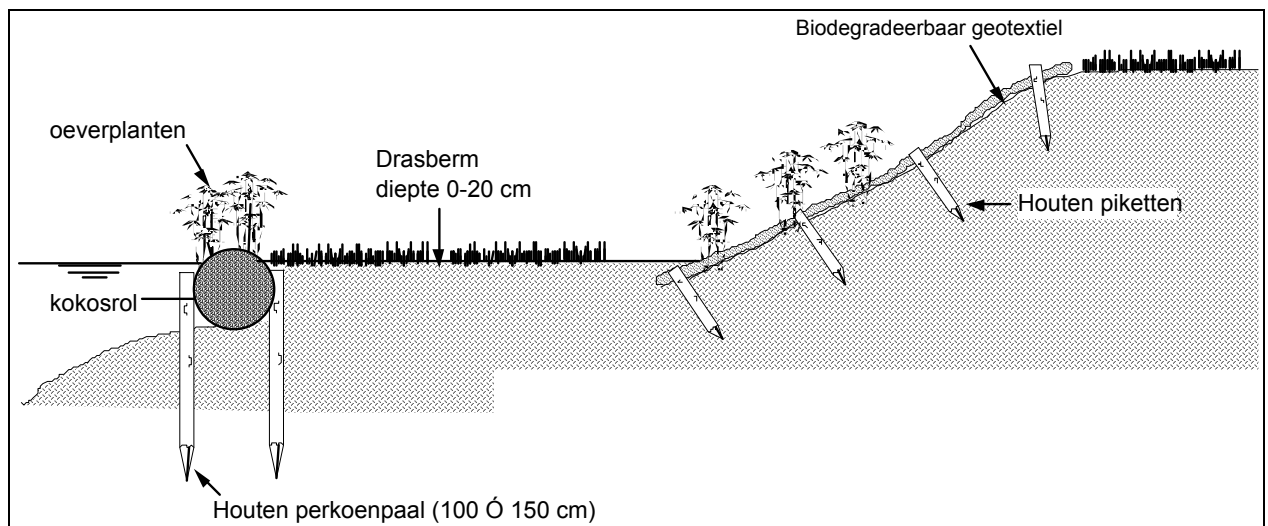
Technisch nadeel

- na een tijd kan de plasberm verzanden en dan is ruiming noodzakelijk. Een goed behoud van de plasberm vraagt een regelmatige monitoring en een regelmatig onderhoud.

Concept 3.1.2 Aanleg van drasbermen

Omschrijving

Een drasberm is eenzelfde oeverstrook als een plasberm, maar het gemiddelde waterpeil staat in de waterloop 0 tot maximaal 20 cm onder het niveau van de drasberm. In drasbermen kan zich een soortenrijke moerasvegetatie ontwikkelen.



Figuur 22: Aanleg van drasberm

Toepassingen en randvoorwaarden

- rond de waterlijn of iets hoger (0-20 cm) met een overstromingsduur van maximaal 150 dagen per jaar
- invloed van voedselrijk water is beperkt op de vegetatieontwikkeling (tenzij bij een overstromingsduur van meer dan 100 dagen per jaar). Hierdoor zijn op drasbermen langs voedselrijke wateren vochtafhankelijke gras- en kruidenvegetaties te verwachten die iets meer schraler omstandigheden verlangen dan bijvoorbeeld Riet (Zeggesoorten, e.a.).
- op zand- en veenbodems zijn er goede perspectieven te verwachten voor soortenrijke vegetaties, indien de het water voedselarm is

Ecologische voordelen

- ontwikkeling van soortenrijke moerasvegetaties is mogelijk (met plantensoorten als Moerasspirea, Zeggesoorten, Dotterbloem, Pinksterbloem in matig voedselrijke wateren; in zeer voedselrijke wateren ontwikkeling van soortenarmere vegetaties met Liesgras, Rietgras, Tandzaad, e.a. stikstofindicerende planten)
- bij achterwege blijven van een beheer ontstaat een zachthoutzone met Elzen of Wilgen
- toename van invertebratensoorten die afhankelijk zijn van beschutting in een ruige vegetatiestructuur

Concept 3.1.3 Aanleg van flauwe taluds**Omschrijving**

In kleine wateren kan al van een flauwe oever worden gesproken als de helling niet steiler is dan 16/4. In grotere wateren (vaarten, afvoersloten, e.d.) biedt een helling van 120/4 de beste resultaten naar zonering in de vegetatie.

Toepassingen en randvoorwaarden

- goed toepasbaar bij sterk schommelende waterstanden indien de waterloop voldoende breed is: met name op plaatsen waar smalle oeverstroken kunnen aangelegd worden
- indien er weinig plaats is, kan enkel het talud ter hoogte van de waterlijn aangepast worden: een minimale helling van 20/4 is dan aan te bevelen of kan slechts langs 1 zijde een flauw talud aangelegd worden (deze moet het best gesitueerd zijn aan de zijde met de minste zon)
- een maximale helling van 16/4 is noodzakelijk, maar bij veel plaats biedt een minimale helling van 40/4 tot 60/4 de beste kansen voor verhoging van de natuurwaarden

Ecologische voordelen

- verhoogt de oppervlakte ecologisch interessante overgangsgebieden, met meer ontwikkelingskansen voor fauna en flora als gevolg (o.a. bevordering van plantengroei van vochtige of natte oevers)

Ecologische nadelen

- bij aanleg van flauwe taluds verdwijnt meestal een steil talud; steile taluds hebben echter ook een ecologische waarde, bijvoorbeeld als broedplaatsen voor de IJsvogel. Daarom kan het best gestreefd worden naar een afwisseling van flauwe en steile taluds.

3.2 Meandering

Omschrijving

Veel rivieren vertonen van nature min of meer regelmatig gevormde bochten, meanders.

Doordat de stroomdraad in een waterloop de neiging heeft de buitenbocht te volgen, zal hier erosie optreden, terwijl in de binnenbocht - bij gelijkblijvende rivierbreedte - accumulatie van sediment optreedt; de rivier verlegt zich dus uiteindelijk naar de buitenbochtzijde.

Het verhang speelt een grote rol bij de mate van kronkelen: hoe kleiner het verhang, hoe groter de kronkelneiging van de rivier.

Er is een verschil tussen natuurlijke meandering (natuurlijk proces) en hermeandering (herstelmaatregelen door de mens). In deze paragraaf gaat het uitsluitend om hermeandering.

Toepassing en randvoorwaarden

- enkel toepasbaar indien veel ruimte beschikbaar is en erosie van de oever toegelaten kan worden
- een aankoop van gronden is bijna altijd noodzakelijk (dan wel onteigening)

Mogelijke manieren om een hermeandering te bekomen:

- opwerpen van een dam in de huidige hoofdstroom van de waterloop en opnieuw openen van een oude meander
- plaatsen van stroomdeflectoren (bv. driehoekskeerkribben) in de waterloop. Door het plaatsen van deze hindernis ontstaat er aan de ene zijde een uitschuring en aan de andere zijde een aanzanding. De hermeandering wordt op die manier een feit.

Ecologische voordelen

- meandering verhoogt de natuurlijke structuurdiversiteit van waterlopen, o.m. van belang voor vissen
- levert een ecologische en landschappelijke meerwaarde door het niet-belemmeren van de natuurlijke erosie- en sedimentatieprocessen van een waterloop
- hermeandering verhoogt het zelfreinigend vermogen van de waterloop en vergroot de bufferende werking van de waterloop (voorkomen van wateroverlast)

Ecologische nadelen

- geen

Technische nadelen

Momenteel:

- de aankoop van gronden (dan wel onteigeningen) is meestal geen gemakkelijk gegeven en vraagt daarenboven zeer veel tijd