TU Delft
Fac.bibliotheek
Civiele Techniek

NATUURLIJKE en NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGEN

Een literatuurstudie naar de factoren en functies die in oeverzones een rol spelen en naar de mogelijkheden voor natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen langs de oevers van met name zoete wateren

ir. L.A. Adriaanse

ISBN 903690011 5

475059

NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGEN

Een literatuurstudie naar de factoren en functies die in oeverzones een rol spelen en naar de mogelijkheden voor natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen langs de oevers van (m.n. zoete) wateren

Ir. L.A. Adriaanse

TPN
86_01

Technische Universiteit Delft
Bibliotheek Faculteit der Civiele Techniek
(Bezoekadres Stevinweg 1)
Postbus 5048
2600 GA DELFT

ISBN-903690011 5

Middelburg, oktober 1986
Rijkswaterstaat Deltadienst
Hoofdafdeling Milieu en Inrichting/
Dienst Getijdewateren
Nota GWWS-86.408

180/jr

3060 285

INHOUDSOPGAVE PAG.

SAMENVATTING/SUMMARY

VOORWOORD 1

1. **INLEIDING** 3

2. **OEVERS** 5

2.1. FUNCTIES VAN OEVERS 5

2.1.1. Waterkerende functie 6

2.1.2. Natuurfunctie 6

2.1.3. Landschapsfunctie 9

2.1.4. Recreatiefunctie 10

2.1.5. Wetenschappelijke en didactische functie 12

2.1.6. Landbouw- en visserijfunctie 12

2.2. FACTOREN IN HET OEVERMILIEU 13

2.2.1. Water 14

2.2.2. Wind 23

2.2.3. Bodem 24

2.2.4. Geomorfologie 25

2.2.5. Vegetatie 25

2.2.6. Dieren 27

2.2.7. Mens 28

2.2.8. Botulisme 28

2.2.9. De belangrijkste factoren in het oevererosieproces 30

3. **NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMING** 34

3.1. DEFINITIES 34

3.2. HISTORISCHE ONTWIKKELINGEN EN HUIDIGE PROBLEMEN 34

3.3. VOOR- EN NADELEN TEN OPZICHTE VAN PUUR TECHNISCHE OEVERBESCHERMING 36

3.4. MATERIAALGEBRUIK EN MILIEU 37

INHOUDSOPGAVE (vervolg) PAG.

4. **STANDPLAATSFACTOREN EN RANDVOORWAARDEN** 39

4.1. INLEIDING 39

4.2. ZONERING VEGETATIE 40

4.3. BELANGRIJKE RANDVOORWAARDEN 43

4.4. PROBLEMEN IN DE PRAKTIJK 44

5. **GESCHIKTE PLANTESOORTEN EN AANPLANTMETHODEN VOOR NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGEN** 45

5.1. INLEIDING 45

5.2. FONTEINKRUIDZONE 46

5.3. RIETZONE 47

5.3.1. Geschikte rietzoneplanten 48

5.3.2. Beheer 52

5.4. ZACHTHOUTZONE 54

5.4.1. Geschikte zachthoutzoneplanten 54

5.4.2. Beheer 56

5.5. HARDHOUTZONE 56

5.6. AANPLANTMETHODEN 57

5.6.1. Rietzoneplanten 57

5.6.2. Zachthoutzoneplanten 66

BIJLAGE 5.1. Belangrijkste plantengemeenschappen in het overgangsmilieu van water naar land in een eutrofe omgeving 74

5.2. Planten en de waterdiepte waarop ze voorkomen in drie oude rivierlopen 75

5.3. Relatie worteldiepte van rivierplanten en stroming en erosietolerantie van een aantal planten 76

5.4. Effect van substraatsoort op erosiegevoeligheid 77

5.5. Overzicht van de belangrijkste plantesoorten van de rivieroevers in West-Duitsland 78

5.6. Enige gegevens over winnen en aanplant van riet en biezen in het Lauwersmeergebied 83

INHOUDSOPGAVE (vervolg) PAG.

6. **TOEPASSINGEN VAN NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGSSYSTEMEN** 84

6.1. NATUURLIJKE OEVERBESCHERMING 84

6.2. TIJDELIJKE TECHNISCHE OF WATERSTAATKUNDIGE MAATREGELEN 85

6.3. NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGSSYSTEMEN 90

6.3.1. Weinig of geen ruimte: doorgroeide directe beschermingsconstructies 90

6.3.2. Meer ruimte: mogelijkheden voor oevervegetaties op flauwere taluds en plasbermen 102

6.3.3. Veel ruimte en een ondiepe flauw hellende vooroever: mogelijkheden voor indirecte oeverbeschermingsconstructies en natuurtechnische milieubouw 117

6.4. MOGELIJKHEDEN VOOR NATUURTECHNISCHE MILIEUBOUW 119

6.5. BESCHERMING TEGEN VEE EN VOGELS 120

BIJLAGE 6.1. Doorgroeibare constructies 129

7. **DE KEUZE VAN DIVERSE TYPEN OEVERBESCHERMINGEN LANGS HET SPUIMONDGEBIED IN HET HARINGVLIET ALS PRAKTIJKVOORBEELD** 135

7.1. INLEIDING 135

7.2. TOEGEPASTE TYPEN OEVERBESCHERMINGEN 136

7.3. EVALUATIE-ONDERZOEK 140

8. **ONTWERPSCHEMA'S (NATUURTECHNISCHE) OEVERBESCHERMINGEN** 142

BIJLAGE 8.1. Ontwerpschema natuurtechnische oeverbeschermingen 145

8.2. Vormgeving van de oeverbescherming 146

8.3. Algemeen ontwerpschema voor een oeverbescherming 147

8.4. Materialen, belastingen en functionele eisen oeverbeschermingen 148

8.5. Planologische codering natuur, landschap en recreatie aspecten oevers en vertaling naar soort oeverbescherming 149

8.6. Recreatie-activiteiten met bijbehorende eisen aan de oever 150

INHOUDSOPGAVE (vervolg) PAG.

9. **HIATEN IN KENNIS EN ERVARING EN AANBEVELINGEN VOOR (EXPERIMENTEEL) ONDERZOEK** 151

10. **LITERATUUR** 156

10.1. OEVERS, OEVERBESCHERMING, ALGEMEEN 156

10.2. NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMING 163

10.3. OEVERVEGETATIE, RIET EN BIEZEN 175

10.4. OEVERVEGETATIE, PEILFLUCTUATIES 187

10.5. OEVERVEGETATIE, WATERKWALITEIT 189

10.6. OEVERVEGETATIE, BEHEER 191

10.7. OEVERVEGETATIE, DIEREN 193

10.8. OEVERS, INRICHTING, RECREATIE 196

10.9. GOLVEN, STROMING, EROSIE 198

LIJST VAN FIGUREN

Fig. 1. Oeverfuncties met hun belangrijkste relaties.

Fig. 2. Voedselketens in een levensgemeenschap (naar Lewis en Williams, 1984).

Fig. 3. Voedselpyramide (naar Lewis en Williams, 1984).

Fig. 4. De invloed van toenemende intensiteiten van gebruik op de oevervegetatie langs de westoever van de Havel in Berlijn (naar Sukopp, 1971).

Fig. 6. Waterbewegingen tengevolge van een in een vaarweg varend schip (uit Drooger (1983) en PWS-F (1982)).

Fig. 7. Relatieschema golven en de effecten op de oever.

Fig. 8. Stroming en effecten op de oever.

Fig. 9. Effecten van (recreatie-)scheepvaart op oevervegetaties (naar: Liddle & Scorgie, 1980).

Fig. 10. Oorzaken en gevolgen van waterstandswisselingen.

Fig. 11. Waterkwaliteit; aspecten en effecten op de oever.

Fig. 12. Wind; effecten op het water en de oever.

Fig. 13. Geomorfologie van de oever met de belangrijkste relaties.

Fig. 14. Oevervegetatie en de belangrijkste relaties met andere oeverfuncties en milieufactoren.

Fig. 15. Het oevererosieproces met de belangrijkste beïnvloedende factoren in schema.

Fig. 16. Oorzaak en proces van de oevererosie in de afgesloten bekkens.

Fig. 17. Waterstandsduurlijn en oevervegetatieprofiel (naar: Bittmann, 1965).

Fig. 18. Schema van een vegetatiezonering langs grote, eutrofe meren met glooiiende oevers. Links een natuurlijke, in de luwte liggende oever; rechts een begraasde, op de wind geëxponeerde oever. (naar Schmidt (1974), uit Chardon (1984)).

Fig. 19. Zonering van de oevervegetatie langs een rivier. Invloed van de geomorfologie (naar Bittmann, 1965).

Fig. 20. Dwarsdoorsnede van de meetlocatie aan het Waardkanaal (uit: Van Acht e.a., 1984).

Fig. 21. Terugsnoeien van struiken en hakhout (Lewis en Williams, 1984).

Fig. 22. Kluitaanplant in plasberm (Hagemeijer en Sessink, 1982).
Fig. 23. Kluitaanplant in steenbestorting (Schlüter, 1971).
Fig. 24. Kluitaanplant in een steenbestoring op verschillende hoogten ten opzichte van de gemiddelde zomerwaterstand (naar Bittmann, 1965).
Fig. 25. Spruitaanplant in steenbestorting.
Fig. 26. Wortelstokaanplant in steenbestorting.
Fig. 27. Halminplant in lichte steenbestorting (Schlüter, 1971).
Fig. 28. Halminplant in zware steenbestorting (Schlüter, 1971).
Fig. 29. Scheve halminplant (Schiechtl, 1973).
Fig. 30. Halmontwikkeling na aanplant (Bittmann, 1965).
Fig. 31. Horizontale halmaanplant (Schlüter, 1971).
Fig. 32. De riet(zoneplant)rol (Schlüter, 1971).
Fig. 33. Enkele toepassingen van riet(zoneplant)rollen langs kleine wateren (Schiechtl, 1973).
Fig. 34. Wilgenplantgoed (Bittmann, 1965).
Fig. 35. Bouwtekening kraagstuk met verschillende soorten voetverstevigingen (Schlüter, 1971).
Fig. 36. Takkenpakket, in één richting gelegd (Schlüter, 1971).
Fig. 37. Takkenlaag op een schuine oever (Schlüter, 1971).
Fig. 38. Horizontale takkenlagen in twee richtingen gelegd (Schlüter, 1971).
Fig. 39. Horizontale takkenlagen met tussengevoegde opvulgrond en takkenrollen (Schlüter, 1971).
Fig. 40. Zetsteen met ingeplante stammetjes (Schlüter, 1971).
Fig. 41. Steenbestorting met ingeplante stammetjes (Schlüter, 1971).
Fig. 42. Steenbestorting met ingeplante takken (Schlütter, 1971).
Fig. 43. Vlechtwijzen voor betuining (Bittmann, 1965).
Fig. 44. Het ideale oevertype (Hagemeyer en Sessink, 1982).
Fig. 45. Golfschot (PWS-F, 1982).
Fig. 46. Tijdelijke constructie in de vorm van een vlechttuin (PWS-F, 1982).
Fig. 47. Toepassing van een gronddam als tijdelijke constructie bij het herstel van een gedeelte van een rietkraag (PWS-F, 1982).
Fig. 48. Tijdelijke constructie opgebouwd uit metalen pijpen, gaas, kabel en strobalen (naar Webb en Dodd, 1976).

Fig. 49. Tijdelijke constructie opgebouwd uit metalen pijpen, kabel en autobanden (naar Webb en Dodd, 1976).

Fig. 50. Paalscherm van mannetje aan mannetje staande onbehandelde larixpalen, met bodembescherming. Toegepast in het Lauwersmeer.

Fig. 51. Ontwikkeling rietaanplant in parallel aan de oevers gegraven greppels in nog zilte bodem.

Fig. 52. Toepassing van met steen gevulde gabions met aan de voorzijde ingebracht levend wilgehout, langs een watergang (Lewis en Williams, 1984).

Fig. 53. Oeverbescherming met rietzoden in met stenen gevulde gabions. Toegepast langs kleine wateren (Lewis en Williams, 1984).

Fig. 54. Toepassing van rietbuideldoek. Alleen succesvol langs rustig water (Lewis en Williams, 1984).

Fig. 55. Oeverbescherming in buitenbocht van een kleine rivier met levend houten kraagstuk (Schmid, 1983).

Fig. 56. Met rietzoneplantenrol beschermde binnenbocht van een kleine rivier (Schmid, 1983).

Fig. 57. Schets natuurtechnische oeverbescherming Maas-oevers (bij optimale bezetting van de vegetatie-zones) (de Boer, 1978).

Fig. 58. Oeverbescherming langs Dokkumer Ee; pleziervaart en kleine beroepsvaart (PWS-F, 1982).

Fig. 59. Wilgenoever langs "diep" water (KIVI, 1983).

Fig. 60. Oeverbescherming langs de rivier de Eider in noord West-Duitsland; weinig scheepvaart (Wallner, 1965).

Fig. 61. Oeverbescherming langs de gekanaliseerde Mittelweser in Midden en West-Duitsland; scheepvaart (Wallner, 1965).

Fig. 62. Oeverbescherming langs een fijnzandige inbochtende oever van de gedeeltelijk gestuwde Aller in noord West-Duitsland(Wallner, 1965).

Fig. 63. Oeverbescherming bij een smalle oeverzone langs de gekanaliseerde Untermain in zuid Duitsland; veel scheepvaart (Wallner, 1965).

Fig. 64. Oeverbescherming langs de gekanaliseerde Untermain in zuid Duitsland; veel scheepvaart (Wallner, 1965).

Fig. 65. Oeverbescherming langs de rivier de Eider in noord West-Duitsland; weinig scheepvaart (Wallner, 1965).

Fig. 66. Oeverbescherming langs de rivier de Eider in noord West-Duitsland; weinig scheepvaart (Wallner, 1965).

Fig. 67. Oeverbescherming langs een steiloever van de rivier de Lahn in midden West-Duitsland; geen beroepsvaart (Wallner, 1965).

Fig. 68. Oeverbescherming met "pakwerkdam" langs een sterk geërodeerde oever van de Eems in noord West-Duitsland; scheepvaart (Wallner, 1965).

Fig. 69. Oeverbescherming langs de haven van Bleckede (langs de Elbe bij Hamburg) (Wallner, 1965).

Fig. 70. Het op de aangrijpingspunten en knikken beschermde zgn. ideale talud (Hagemeijer en Sessink, 1982).

Fig. 71. Oevertype zonder knik en met één hellingshoek met alleen riet. (Hagemeyer en Sessink, 1982).

Fig. 72. Oevertype zonder knik en met één hellingshoek met riet en struikwilgen (Hagemeyer en Sessink, 1982).

Fig. 73. Oevertype zonder knik en met één hellingshoek met riet en griend (Hagemeyer en Sessink, 1982).

Fig. 74. Oevertype zonder knik en met één hellingshoek met riet en een kraagstuk (Hagemeyer en Sessink, 1982).

Fig. 75. De kwetsbare aanvalsplekken van een oevertype zonder knik en met één hellingshoek kunnen eventueel beschermd worden met stortsteen of grind.
(Hagemeyer en Sessink, 1982).

Fig. 76. Oevertype met knik en plasberm met een betuining van wilgehout (Hagemeijer en Sessink, 1982).

Fig. 77. Oevertype met knik en een plasberm met een kap van klei en stortsteen (Hagemeijer en Sessink, 1982).

Fig. 78. Oevertype met knik en een plasberm met een kap van grove stortsteen (Hagemeijer en Sessink, 1982).

Fig. 79. Oevertype met knik en een plasberm aan de oeverzijde met beschoeiïng (Hagemeijer en Sessink, 1982).

Fig. 80. Oevertype met knik en plasberm aan de waterzijde zonder aanvullende technische beschermingsmaatregelen.

Fig. 81. Oevertypen met knik en plasberm aan de waterzijde, met aanvullende technische beschermingsmaatregelen (Hagemeyer en Sessink, 1982).

Fig. 82. Oevertype met gedeeltelijk een tijdelijke voorziening in de vorm van een golfschot. (Hagemeijer en Sessink, 1982).

Fig. 83. Oevertype met gedeeltelijk een tijdelijke voorziening in de vorm van een kleikap (Hagemeyer en Sessink, 1982).

Fig. 84. Combinaties van oevertypen aan een vaart (Hagemeijer en Sessink, 1982).

Fig. 85. Rietberm langs de noordzijde van de Fluessen (PWS-F, 1982).

Fig. 86. Oeverbescherming met rietberm langs rijksweg nr. 50 door het Tjeukemeer (oostzijde) (PWS-F, 1982).

Fig. 87. Constructie met plasberm langs Fluessen (Van Elderen, 1981).

Fig. 88. Voorgestelde constructie voor oeverherstel van een drukbevaren scheepvaartkanaal (PWS-F, 1982).

Fig. 89. Voorgestelde constructie voor oeverherstel van een recreatievaarweg (PWS-F, 1982).

Fig. 90. Rietberm met bestorting (Drooger, 1983).

Fig. 91. Stortsteenglooiing met plasberm (Drooger, 1983).

Fig. 92. Oeverbescherming met plasberm. De rietkraag is aangeplant met in perspotten (kas) gekweekt riet. Het riet en de uitlopende groene wilgetuinen groeien door het grind en houden dit vast (K en O, 1979).

Fig. 93. Principeprofiel voor een oeverbescherming met plasberm langs een bevaren rivier (Linke en Meisner, 1969).

Fig. 94. Oeverbescherming met plasberm zoals toegepast langs het Bathse Spuikanaal (aangelegd 1983/84, RWS-Deltadienst).

Fig. 95. Twee voorbeelden van mogelijk toe te passen oeverbeschermingsconstructies met plasberm langs de Overijsselse Vecht (RWS-Directie Overijssel, 1985).

Fig. 96. Indirecte oeverbescherming in de vorm van een onderwater grindmatras met openingen op de vooroever. De oeverlijn zelf is achter de openingen beschermd met grindasfaltbeton. Waar nodig kan op de oeverlijn een summiere grindbestorting worden aangebracht. (Veerse Meer; aangelegd 1971, RWS-Deltadienst).

Fig. 97. Indirecte oeverbescherming in de vorm van een 0,2 m boven de waterlijn uitstekende grinddam op de vooroever langs een recreatieweide. De oeverlijn zelf is in verband met de recreatie afgewerkt met een grindasfaltbetonglooiïng. (Veerse Meer; aangelegd 1971, RWS-Deltadienst).

Fig. 98. Indirecte oeverbescherming in de vorm van een 0,2 m boven de waterlijn uitstekende grinddam op de vooroever. De oeverlijn zelf is afgewerkt met fijn grind ingewassen met zand en afgedekt met schelpen. (Veerse Meer; aangelegd 1977, RWS-Deltadienst).

Fig. 99. Oeverbeschermingssysteem rond het Aardbeieneiland in het Veerse Meer: een stelsel van bij zomerpeil (N.A.P.) onder water gelegen grinddammen en -matrassen op de vooroever, welke tevens de bij winterpeil (N.A.P. -0,70 m) bestaande oeverlijn beschermen. De oeverlijn van het eiland zelf (bij zomerpeil) is summier beschermd met grind of schelpen. (Veerse Meer; aangelegd 1977, RWS-Deltadienst)(zie foto 26).

Fig. 100. Oeverbescherming in de vorm van een aan de meerzijde met een grindbestorting beschermde zandopspuiting op de vooroever van het eiland de Haringvreter in het Veerse Meer. Op de zandopspuiting broeden nu o.a. een kolonie visdiefjes en enkele kluten. (Aangelegd in 1973, RWS-Deltadienst).

Fig. 101. Oeverbeschermingssysteem rond het eiland Dwars in de Weg in het Grevelingenmeer. Een stelsel van in verband met de expositie zware of minder zware stenen dammen op de vooroever, met waar nodig een summiere directe bescherming van de oeverlijn (Grevelingen; aangelegd 1974/'75, RWS-Deltadienst).

Fig. 102. Mogelijke oeverbeschermingsmaatregelen in verband met kribverkortingen in de Oude Maas ter plaatse van de Zwijndrechtse kribben (Visser, 1985).

Fig. 103. Enkele natuurtechnische milieubouwmogelijkheden bij een brede ondiepe vooroever.

Fig. 104. Gobimat.

Fig. 105. Terrafixmat.

Fig. 106. Overzicht van de langs Korendijkse en Beninger Slikken aangelegde oeverbeschermingssystemen. De profielen A t/m D zijn in detail terug te vinden in fig. 107.

Fig. 107. De verschillende oeverbeschermingsconstructies zoals toegepast langs de Korendijkse en Beninger Slikken. (Haringvliet, aangelegd 1984/85, RWS-Directie Benedenrivieren).

LIJST VAN FOTO'S

foto 1. Oevererosie: een wilgenbos verdwijnt in de golven (Hollandsch Diep).
foto 2. Oevererosie: een afkalvend rietgors (Haringvliet).
foto 3. Natuurlijke oeverbescherming: een rietkraag.
foto 4. Natuurlijk oeverbescherming: kalmoes en struikwilgen.
foto 5. Technische oeverbescherming: een grindasfaltbetonglooiing (Veerse Meer).
foto 6. Technische oeverbescherming: een grof grind bestorting op filterdoek (Veerse Meer).
foto 7. Natuurtechnische oeverbescherming: een vooroeverbescherming in de vorm van een stortsteendam (Oude Maas).
foto 8. Natuurtechnische oeverbescherming: een doorgroeibare plasberm (Bathse Spuikanaal).
foto 9. Natuurfunctie: een kalmoes en struikwilgenbegroeiïng.
foto 10. Natuurfunctie: een lisdodde-vegetatie.
foto 11. Landschapsfunctie.
foto 12. Recreatiefunctie.
foto 13. Doorworteling van de ondergrond van een rietvegetatie.
foto 14. Oevererosie langs een grasgors (Hollandsch Diep).
foto 15. Oevererosie langs een rietgors (Haringvliet).
foto 16. Vegetatie-zonering: op de voorgrond mattenbies, daarachter riet (Beninger Slikken).
foto 17. Een experimentele drijvende golfkering in het Grevelingenmeer; weinig golfdempende werking.
foto 18. Een tijdelijk paalscherm in het Lauwersmeer op een te geëxponeerde plaats: te geringe golfdemping om riet- en biezenaanplant succesvol te doen zijn.
foto 19. Begroeide betonblokkenmat langs een vaart in Zuidelijk Flevoland. Op en onder de waterlijn vindt geen begroeiing van dergelijke constructies plaats, indien als basis een (dicht) filterdoek is toegepast.
foto 20. Idem, ander type.
foto 21. Enigszins doorgroeide grindbescherming langs het Veerse Meer (brak).
foto 22. Vegetatie opslag op een met zandworstenmatten beschermde rivieroever in Nigeria.

foto 23. Oeverbescherming met plasberm langs het Bathse Spuikanaal.

foto 24. Een door een paalscherm beschermde, met riet aangeplante en volgegroeide plasberm in het Lauwersmeer.

foto 25. Toepassing van een vooroeverbescherming in de vorm van een grinddam (Veerse Meer, zomerpeil)(zie ook fig. 98).

foto 26. Toepassing van een vooroeverbescherming in de vorm van een, bij zomerpeil net onder water liggende, grindmatras (Aardbeieneiland, Veerse Meer, bij winterpeil = 0,70m lager dan zomerpeil)(zie ook fig. 99).

foto 27. Ver uit de oever gelegen vooroeverbescherming in de vorm van een grinddam met stortsteenkap in het Grevelingenmeer (zie ook fig. 101).

foto 28. Idem bij storm. De golfdempende werking is goed te zien.

foto 29. Begroeide grinddam in het Veerse Meer met broedfunctie voor vogels.

foto 30. Overloopsteigertjes ten behoeve van de oeverrecreanten over onderwatergrinddam (hier bij laag winterpeil) in het Veerse Meer.

foto 31. Een direkte oeverbescherming langs het Spui (Korendijkse Slikken); ter plaatse van een kreekmonding is de bescherming onderbroken.

foto 32. Een vooroeverbescherming langs de Korendijkse Slikken in het Haringvliet.

foto 33. Mattenbies-, lisdodde- en rietvegetaties op een ondiepe vooroever langs de Beninger Slikken in het Haringvliet.

foto 34. Een aangelegde zandvang op de in foto 33 afgebeelde ondiepe vooroever langs de Beninger Slikken.

foto 35. Opening in de vooroeverbescherming met overlap (Korendijkse Slikken).

foto 36. Kribben langs de Korendijkse Slikken.

foto 37. Luchtfoto (winter 1985) van de noord-west kop van de Korendijkse Slikken; rechtsonder de beschermde zanddam.

foto 38. De beschermde zanddam, gezien vanaf de Haringvlietzijde. Het slikgebied (de zandopspuiting) achter de dam is een zeer rijk vogelgebied geworden.

foto 39. Evaluatie-onderzoek: vegetatie-opnames langs raaien loodrecht op de oever.
foto 40. Evaluatie-onderzoek: bodem -en bodemdierenbemonsteringen in de oeverzone.
foto 41. Onderzoek naaar de golfdemping van een rietkraag in het Waardkanaal in de Wieringermeerpolder.
foto 42. Onderzoek naar de doorgroeibaarheid van filterweefsels.

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1. Golfhoogten bij strijklengte F (m), windsnelheid W (m/s) en diepte D (m) (uit Drooger, 1983).

Tabel 2. Eigenschappen en aanplanttijd van enkele rietzoneplanten of delen daarvan (volgens Linke & Meisner, 1969).

foto 1. Oevererosie: een wilgenbos verdwijnt in de golven (Hollandsch Diep).

foto 2. Oevererosie: een afkalvend rietgors (Haringvliet).

SAMENVATTING

Voorliggende literatuurstudie geeft een overzicht van de verschillende mogelijke functies van oevers van binnenwateren en de (milieu-) factoren die een rol spelen. Vele oevers moeten worden beschermd tegen de eroderende werking van het water als gevolg van wind- en/of scheepvaartgolven en stromingen. Dit dient zo mogelijk op een landschapsecologisch inpasbare wijze te gebeuren.
Deze studie inventariseert de in binnenlandse en buitenlandse literatuur beschreven toepassingen van natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen en de hiervoor te gebruiken materialen, plantesoorten en aanplantmethoden. Er worden ontwerpschema's gegeven met lijsten van aandachtspunten voor te vervullen oeverfuncties en voor (milieu-) factoren die een rol spelen. De hiaten in kennis en ervaring worden aangegeven en er worden voorstellen voor (experimenteel) onderzoek gedaan. De literatuurlijst is ingedeeld naar een aantal hoofdonderwerpen om het zoeken naar literatuur over een onderwerp te vergemakkelijken.

SUMMARY

This study gives a survey of the various functions of lake shores and river and canal banks and of the related environmental factors in these zones.
Most shores and banks either have to be protected against erosion resulting from wave-attack due to wind or navigation or undermining due to currents. Such protective measures for banks (or shores) should harmonize with the ecology and landscape of the bank (or shore) zones. The present study reviews the biological and biotechnical bank (and shore) protection measures, the materials used and the plant species and planting methods, as described in literature.
Schemes are given for the design process of bank (and shore) protection measures with checklists of functions and environmental factors. The gaps in both theory and practice are pointed out and proposals for (experimental) research are made. A bibliography is included for a number of key topics.

foto 3. Natuurlijke oeverbescherming: een rietkraag.

foto 4. Natuurlijk oeverbescherming: kalmoes en struikwilgen.

0. VOORWOORD

De uitvoering van de Deltawerken heeft tot gevolg dat in zuidwest Nederland een aantal grote (semi-)stagnante bekkens ontstaan: Veerse Meer, Haringvliet-Hollandsch Diep, Grevelingenmeer, Markiezaatmeer, Krammer-Volkerak en Zoommeer. Hiervan is het Grevelingenmeer zout, het Veerse Meer brak en het Haringvliet-Hollandsch Diep zoet. Het Markiezaatmeer, Krammer-Volkerak en Zoommeer zullen eveneens zoet worden.
Het afsluiten van de zeearmen heeft tot gevolg dat in de gevormde bekkens de overgangszone tussen land en water veel smaller wordt dan hij voor de afsluiting was. Toen stonden ten gevolge van een tijverschil van om en nabij de 3mplaten, slikken en schorren van het gebied voortdurend bijna in hun geheel bloot aan de werking van het bewegende water, waarmee ze in dynamisch evenwicht verkeerden. Na de afsluiting zijn de overgangszones beperkt tot de randen van de overigens drooggevallen platen, slikken en schorren, met als gevolg een concentratie van eroderende krachten op een veel smallere zone dan voorheen. Het is niet meer het getij dat zorgt voor afbraak en opbouw, maar het zijn vrijwel alleen de wind en de golven die hun invloed doen gelden.
De door de wind opgewekte golven en retourstromingen resulteren, samen met het ingestelde (semi-)stagnante peil, in een voortdurend erosieproces aan de oevers en ondiepe delen van het afgesloten bekken. Het vóór de afsluiting aanwezige geaccidenteerde gebied van geulen, platen, slikken en schorren nivelleert door dit onder invloed van de wind optredende afbraakproces langzaam tot een ondiepe waterplas met een vrij gelijkmatige minimum diepte.
Het onder invloed van het getij ontstane landschap vormt na afsluiting een voor natuur, landschap en recreatie potentieel waardevol gebied. Om deze waardevolle gebieden te behouden moeten de oevers ervan beschermd worden tegen de genoemde erosieprocessen.
Reeds in de zestiger jaren zijn langs de sterk aangevallen oevers van het Veerse Meer bij wijze van experiment diverse vormen van oeverbescherming aangelegd. Door de jaren heen zijn zo in het Veerse Meer en het Grevelingenmeer de bedreigde oevers van een oeverbescherming voorzien.
In deze jaren is bij het ontwerpen en aanleggen van de verschillende typen oeverbeschermingen steeds meer de natuurfunctie en/of de recrea-

tiefunctie betrokken. Een voorbeeld hiervan is het vrijwel uitsluitend toepassen van indirecte oeverbeschermingen (grind- of stortsteendammen op de vooroever) in het Grevelingenmeer, waardoor de als ecologisch waardevol beschouwde gradiënt land-water in principe ongemoeid wordt gelaten en tevens de eveneens als ecologisch waardevol beschouwde ondiepe vooroever beschermd wordt tegen erosie.

In de gevormde en nog te vormen zoete stagnante bekkens bestaat de mogelijkheid voor de ontwikkeling van oevervegetaties, waarbij deze mogelijk tevens een oeverbeschermende functie vervullen. Daarom is de behoefte ontstaan een literatuuronderzoek te doen naar de mogelijkheden voor natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingssystemen specifiek gericht op zoete meren. Dit onderzoek is in het kader van het project OEVERS gestart in opdracht van de Rijkswaterstaat Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting. Na de opheffing van de Deltadienst is het project OEVERS voortgezet door de Hoofdafdeling Watersystemen van de Dienst Getijdewateren te Middelburg. Het doel van dit onderzoek is beter gefundeerde adviezen te kunnen verstrekken voor ecologisch inpasbare oeverbeschermingssystemen in zoete bekkens en andere al of niet stromende zoete wateren.

Landelijk is de belangstelling voor "milieuvriendelijke" oeverbeschermingen de laatste jaren sterk toegenomen. Ook in verband met de huidige inzichten ten aanzien van integraal waterbeheer krijgt de ecologie van oevers meer aandacht (Min. van Verkeer en Waterstaat, 1985).
Dit heeft wat betreft de Rijkswaterstaat geresulteerd in het per 1 oktober 1985 opstarten van het landelijke project "Milieuvriendelijke Oevers" (PMO), met als doel de ontwikkeling van ecologisch inpasbare (multifunctionele) oeverbeschermingen.

Laat deze literatuurstudie een aanzet en hulpmiddel zijn tot de realisatie van vele "groene" in plaats van "versteende" oevers.

oktober 1986, Leo Adriaanse

foto 5. Technische oeverbescherming: een grindasfaltbetonglooiing (Veerse Meer).

foto 6. Technische oeverbescherming: een grof grind bestorting op filterdoek (Veerse Meer).

1. INLEIDING

Nederland is voor het overgrote deel een laaggelegen waterrijk land en is daardoor in het bezit van zeer vele kilometers oever, die doorgaans beschermd moeten worden tegen de golfaanval van het water, veroorzaakt door de wind en/of de steeds intensiever wordende scheep- en recreatievaart.

De wijze van beschermen van de oever zal afhangen van de verschillende functies die het water, de oeverstrook en het aanliggende land vervullen. De laatste jaren wordt meer en meer aandacht besteed aan de landschapsecologische en milieukundige aspecten van het oevermilieu. Het oevermilieu vormt namelijk één van de gradiëntsituaties waar zich een ecologisch divers en daardoor zowel natuurwetenschappelijk als landschappelijk waardevol milieu kan ontwikkelen, mits daartoe de juiste randvoorwaarden aanwezig blijven of weer worden geschapen. Het is één van de gradiëntsituaties waaraan het Nederlandse landschap zijn grote diversiteit ontleent. De laatste decennia echter wordt door de intensivering van het landgebruik en de scheepvaart, en de steeds nog toenemende recreatie en recreatievaart het oevermilieu op vele plaatsen steeds verder gereduceerd tot een scherpe grens tussen land en water, bestaande uit van nature meestal niet aanwezig materiaal.

De natuurfunctie en landschapsfunctie van oevers wordt door uitvoering van vele civieltechnische en cultuurtechnische maatregelen sterk beinvloed. Bij de voorbereiding en bouw van deze werken verdient de natuur en het landschap meer aandacht dan in de regel tot nu toe daaraan wordt besteed. Dergelijke werken moeten mede gezien worden als ecologische zaken en niet als puur technische (Schmid, 1983).

Door goede landschapsplanning, het gericht vormgeven van oevers (met name ten behoeve van natuur en recreatie), het waar mogelijk toepassen van natuurlijke- of natuurtechnische oeverbescherming en het waar mogelijk behouden of tot ontwikkeling laten komen van delen met een hoge (potentiële) natuurwaarde, kan een goed resultaat bereikt worden. Belangrijk hierbij is dat met ecologische kennis van zaken ingespeeld wordt op de natuurlijke potenties van oevers.

Hiervoor is een breed afgewogen visie op de oevers bij de beherende instanties noodzakelijk. Veelal ontbreken echter de basisgegevens voor

een dergelijke visie bij deze instanties, zoals gegevens betreffende oeverprofielen, bodem, golfaanval, vegetatie, fauna, landschap, etc.

Dit rapport wil als gids dienen voor de in de literatuur genoemde mogelijkheden en ideeën voor een meer natuurlijke wijze van oeverbescherming en de nog bestaande hiaten in kennis en inzicht aangeven.
Het rapport is als volgt opgebouwd:
In hoofdstuk 2 wordt het begrip oever nader omschreven en worden de verschillende functies die een oever kan vervullen en de factoren die in het oevermilieu een rol spelen beschreven en in schema gezet.
In hoofdstuk 3 worden de historische ontwikkelingen en de huidige problemen en de voor- en nadelen van natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen beschreven.
Hoofdstuk 4 behandelt de standplaatsfactoren en randvoorwaarden, die voor oevervegetaties van belang zijn.
In hoofdstuk 5 worden de voor natuurlijke en natuurtechnische oeverbescherming geschikte plantesoorten en hun aanplantmethoden beschreven.
In hoofdstuk 6 worden de in de literatuur beschreven natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen behandeld, opgesplitst naar toepassingsmogelijkheden aan oevers met weinig, meer en veel beschikbare ruimte.
Hoofdstuk 7 behandelt een praktijkvoorbeeld van de keuze van diverse typen oeverbeschermingen in het Spuimondgebied in het Haringvliet.
In hoofdstuk 8 wordt aangegeven hoe men tot een keuze voor een bepaald oeverbeschermingssysteem kan komen, uitgaande van de factoren die in het betreffende oevermilieu een doorslaggevende rol spelen en de functies die de betreffende oever, het aanliggende land en het water vervullen of moeten gaan vervullen. Er wordt een planningsschema gegeven hoe tot een technisch en ecologisch verantwoorde keuze te komen van een bepaald oeverbeschermingssysteem.
In hoofdstuk 9 worden de hiaten in kennis en ervaring bij het ontwerpen van natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingssystemen aangegeven en worden aanbevelingen voor verder (experimenteel) onderzoek dienaangaande gedaan.
In hoofdstuk 10 wordt een literatuurlijst gegeven, ingedeeld naar een aantal hoofdonderwerpen om het zoeken naar literatuur over een onderwerp te vergemakkelijken.

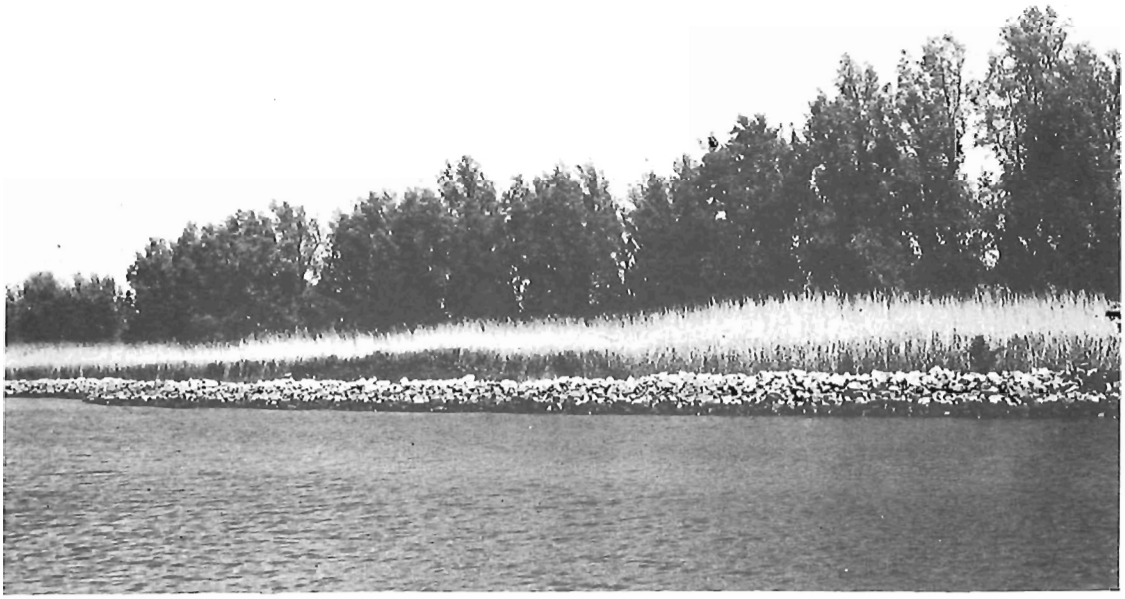


foto 7. Natuurtechnische oeverbescherming: een vooroeverbescherming in de vorm van een stortsteendam (Oude Maas).

foto 8. Natuurtechnische oeverbescherming: een doorgroeibare plasberm (Bathse Spuikanaal).

2. OEVERS

Oevers bevinden zich op de overgang van land naar water, waar zich het dynamische samenspel van water en land afspeelt, beïnvloed door zeer vele factoren. Dit ingewikkelde samenspel van vele factoren resulteert in een oever met een bepaalde oevervorm, met bijbehorende flora en fauna en met een aantal mogelijke functies.
Om inzicht te krijgen in deze functies en in de factoren die een rol spelen aan oevers zullen deze hieronder worden opgesomd en beschreven. Ter verduidelijking van de onderlinge relaties en hun complexe invloed op de oever zijn deze functies en factoren in relatieschema's gezet.

2.1. FUNCTIES VAN OEVERS

De belangrijkste functies van oevers zijn:
- waterkerende functie
- natuurfunctie
- landschapsfunctie
- recreatiefunctie
- wetenschappelijke en didactische functie
- landbouw- en visserijfunctie

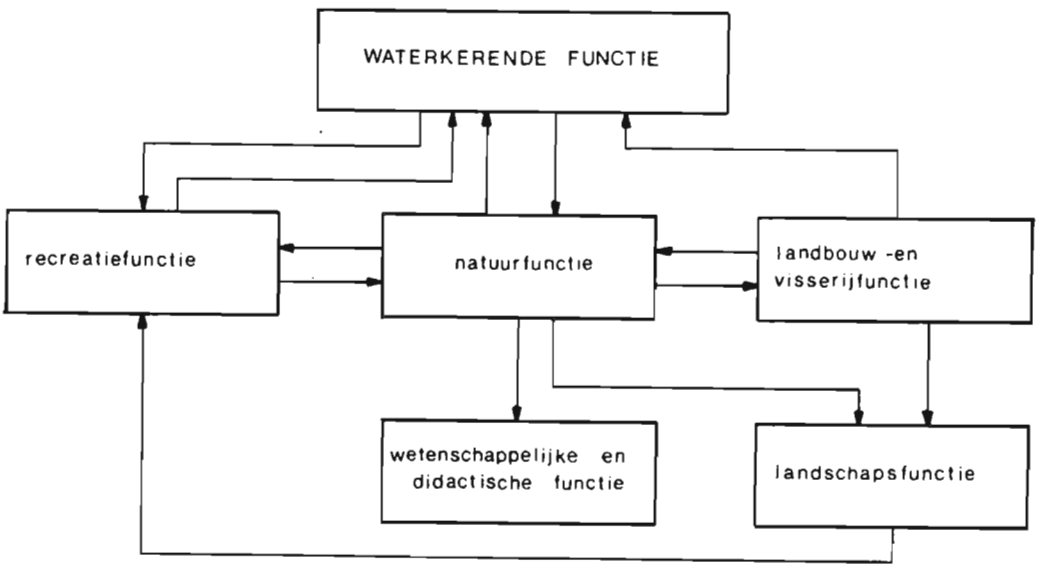


Fig. 1 Oeverfuncties met hun belangrijkste relaties.

2.1.1. Waterkerende functie

In ons laaggelegen land is de waterkerende functie van oevers vanouds belangrijk. Deze functie is de reden voor het op grote schaal aanleggen van oeverbeschermingsconstructies om landverlies door de eroderende werking van het water te voorkomen. Bij dit versterken van het land ten opzichte van het water treedt een verlies in natuurlijkheid op en worden de andere (mogelijke) functies van oevers sterk beïnvloed (Thijsen, 1976).

Werd vroeger weinig of geen aandacht besteed aan deze neveneffecten, tegenwoordig wordt meer en meer aandacht besteed aan de andere functies van oevers en gepleit voor een geïntegreerde en milieubewuste aanpak van de oeverbeschermingsproblematiek (Hagemeyer en Sessink, 1982; Visser, 1983).

2.1.2. Natuurfunctie

Gradiëntzones vormen de basis voor natuurlijke diversiteit (Van Leeuwen, 1965). Zo ook vormt de gradiënt water-land de basis voor de ontwikkeling van waardevolle oeverlevensgemeenschappen. Hoe geleidelijker deze gradiënt verloopt (hoe flauwer het oeverprofiel) des te meer mogelijkheden zijn er voor de ontwikkeling van oeverlevensgemeenschappen. Dergelijke oevers vormen smalle stroken min of meer aaneengesloten natuurgebied, dat als toevluchtsoord kan dienen voor planten en dieren, welke elders geen levenskansen meer hebben (refugiumfunctie).

Een oeverlevensgemeenschap bestaat uit (Knöpp en Kothé, 1965; Parma et al, 1983; DVWK, 1984; Lewis en Williams, 1984):

1) Producenten van organische stof. Dat wil zeggen organismen die uit eenvoudige anorganische voedingsstoffen met behulp van zonlicht organische stof maken. Een nevenprodukt hierbij is zuurstof. Tot deze groep behoren alle groene planten en het fytoplankton.
2) Consumenten van organische stof. Dat wil zeggen organismen die energierijke organische stof opnemen, hiervan leven en als minder energierijke stofwisselingsprodukten uitscheiden. Hierbij verbruiken zij zuurstof. Tot deze groep behoren alle dieren. Te onderscheiden zijn primaire consumenten (planteneters), secundaire consumenten (planteneter-eters), enz.
3) Reducenten van organische stof. Dat wil zeggen organismen die organische stof weer tot de eenvoudige anorganische voedingsstoffen

kunnen oxideren. Zij maken het "afval" van de producenten en consumenten weer geschikt voor opname door de producenten. Tot deze groep behoren de schimmels en bacteriën.

De producenten, consumenten en reducenten vormen samen de voedselketen in een levensgemeenschap (zie fig. 2), waarbij de planten als producenten van organische stof de basis vormen (zie fig. 3).

In een in dynamisch evenwicht verkerende oeverlevensgemeenschap zijn de aantallen organismen en de hoeveelheden in omloop zijnde anorganische en organische stof op elkaar afgestemd. Kleine verstoringen hierin kunnen worden opgevangen, maar grote verstoringen kunnen desastreuze gevolgen hebben voor de levensgemeenschap.

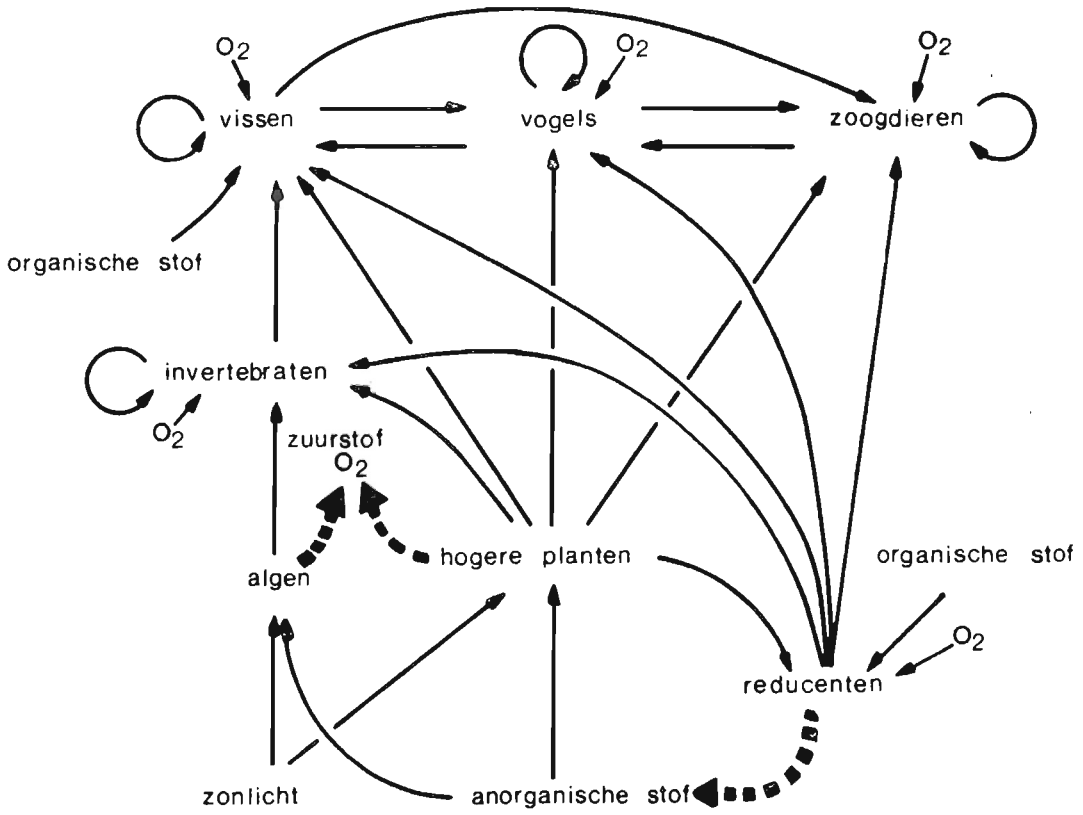


Fig. 2 Voedselketens in een levensgemeenschap (naar Lewis en Williams, 1984).

Als waardevolle aspecten van een goed ontwikkelde oeverlevensgemeenschap kunnen worden genoemd:

- De vegetatie en de zonering daarvan langs de gradiënt land-water. Langs alle wateren is van nature een karakteristieke zonering van plantengemeenschappen te vinden, afhankelijk van verschillen in standplaatsfactoren. Deze zonering loopt van diep water via ondiep water en sterk door het water beïnvloede oeverdelen naar weinig of niet door het water beïnvloede hogergelegen oeverdelen (Seibert 1967). De vegetatie vormt de basis voor en de meest structurerende factor in de oeverlevensgemeenschap (Parma e.a., 1983).
- De beschutting (rust- en ruigelegenheid), broed- en foerageergelegenheid voor vele vogelsoorten; daardoor fungeren vele oevergebieden als verblijfs-, broed- of overwinteringsgebied (Mulder, 1981; Visser e.a., 1984; Chardon, 1984; Lewis and Williams, 1984).
- De beschutting en levensmogelijkheden voor vele amphibiën, insecten en zoogdieren (Chardon, 1984, Lewis and Williams, 1984). Daarbij is het voor het voorkomen van otters van belang dat door middel van trekroutes met vrij aaneengesloten oevervegetaties contacten bestaan met andere door otters bewoonde gebieden (Veen, 1984).
- De mogelijkheden van een begroeide ondiepwaterzone als paaiplaats voor vissen. Vooral de aanwezigheid van een onderwatervegetatie is hierbij belangrijk vanwege de afzetmogelijkheden voor eitjes in een zuurstofrijke omgeving. Daarnaast is de beschutting en het voedselaanbod voor (jonge) vis die een begroeide oeverzone biedt van belang (Knöpp en Kothé, 1965; Grosch, 1980; Lewis en Williams, 1984).
- De micro- en meioflora en -fauna en de overige macrofauna die levensmogelijkheden vinden tussen en op de in het water groeiende vegetatie en in en op de bodem. Alleen deze fauna is samen met bacteriën en schimmels in staat organisch materiaal snel en efficiënt te mineraliseren en vormt een belangrijke schakel in het zogenaamde "zelfreinigend vermogen" van het water (De Maeseneer, 1979). Daarnaast vormen zij de basis voor verschillende voedselketens met aan het einde de grotere vissen, de otter en vele vogels.
- De bescherming van de oever tegen erosie die de oevervegetatie biedt door middel van golfdemping, vermindering van de stroomsnelheid en het vasthouden van de bodem door haar wortelstelsel (o.a. Bittmann, 1965; Seibert, 1967; Hagemeyer en Sessink, 1982, Bonham, 1983).

foto 9. Natuurfunctie: een kalmoes en struikwilgenbegroeiing.

foto 10. Natuurfunctie: een lisdodde-vegetatie.

De grens land-water is ook de meest vanzelfsprekende plaats voor het aanleggen van een oeverbeschermingsconstructie. Hierdoor gaan dan veelal in grote mate de natuurlijkheid en de actuele en potentiële natuurwaarden van de oeverzone verloren. De grens land-water wordt dan namelijk gefixeerd en gereduceerd tot een scherpe lijnvormige grens, meestal bestaand uit van nature niet aanwezig materiaal.
Om dit te voorkomen zal gezocht moeten worden naar meer ecologisch inpasbare oeverbeschermingsconstructies, die de natuurwaarden van de oever zoveel mogelijk in tact laten en/of herstellen en mogelijk zelfs vergroten.

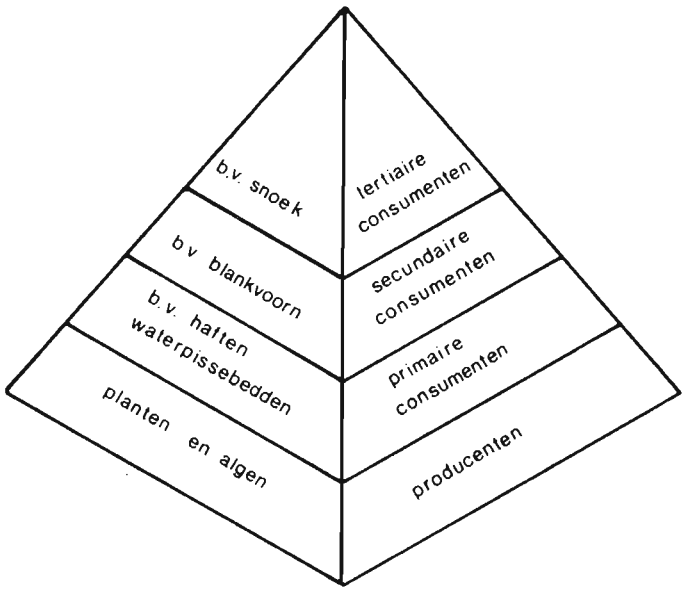


Fig. 3 Voedselpyramide (naar Lewis en Williams, 1984).

2.1.3. Landschapsfunctie

De grens tussen land en water vormt een belangrijk landschappelijk gegeven met een grote intrinsieke waarde (Terpstra, 1983). Deze grens geeft informatie over de uiteenlopende ontwikkelingen in de tijd,

waardoor het landschap op de oevers een grote mate van diversiteit vertoont, en heeft als zodanig in samenhang met andere elementen cultuurhistorische betekenis. Deze informatie betreft met name de ontstaansgeschiedenis van de gronden, van de begroeiingsvormen en van de menselijke gebruiksvormen.

De "beleving" van de oever wordt sterk bepaald door de wijze van inpassing in het landschap. In zijn algemeenheid geldt dat de waardering voor het landschap toeneemt naarmate er een grotere verscheidenheid is, de onderlinge samenhang van de elementen duidelijker is en het landschapstype zeldzamer is.

De grens vormt daarnaast een visuele geleiding voor de scheepvaart.

Door de uitvoering van technische werken ten behoeve van de oeverbescherming wordt het landschapsbeeld van vele wateren en oevers veranderd, waarbij een sterke vereenvoudiging en uniformering optreedt. Bij de voorbereiding en bouw van deze werken moet het landschap op de oever en de landschappelijke inpassing dan ook voldoende aandacht krijgen (Pilon, 1968; van Gelder, 1979).

2.1.4. Recreatiefunctie

De wateren en hun oevers oefenen op de mens een sterke aantrekkingskracht uit (Pilon, 1968). Daardoor hebben op vele plaatsen de oevers van binnenwateren een belangrijke recreatiefunctie, bijvoorbeeld voor activiteiten als zwemmen, zonnebaden, sportvissen, windsurfen (Daalder, 1984), spelevaren, wandelen, schaatsen en als aanlegplaats voor recreatievaartuigen (ter Heide, 1974; Sterkman, 1974, KIVI, 1983; van Acht e.a., 1983).

Tussen deze vormen van recreatief gebruik onderling en met de andere functies die oevers hebben (m.n. met de natuurfunctie en de waterkerende functie) kunnen echter conflictsituaties ontstaan. Zo worden bijvoorbeeld vele rietkragen zwaar beschadigd door betreding (o.a. hengelaars) en aanleggen van plezierboten in het riet (Alkema, 1974, zie ook fig. 4).

Men moet streven naar een zeker evenwicht tussen de verschillende vormen van recreatie. Niet alle oevers zijn in te richten voor elk recreatief doel, want diverse recreatievormen vragen diverse oevers (Terpstra, 1983; van Acht e.a., 1983).

foto 11. Landschapsfunctie.

foto 12. Recreatiefunctie.

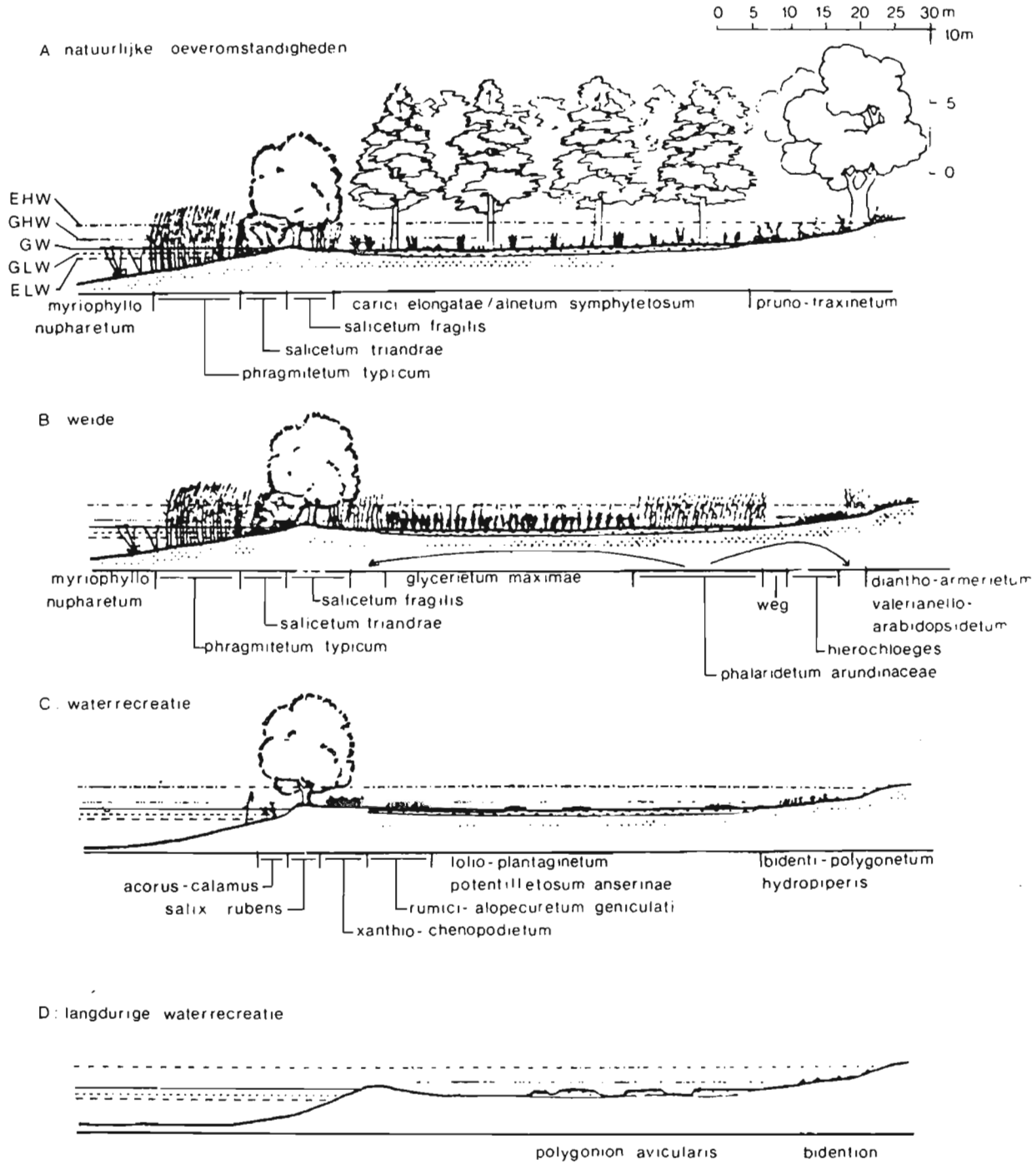


Fig. 4 De invloed van toenemende intensiteiten van gebruik op de oevervegetatie langs de westoever van de Havel in Berlijn (naar Sukopp, 1971).

Het gericht vormgeven van de oever is een zeer bruikbaar instrument bij het voorkómen van dergelijke conflictsituaties. Hierbij is het vroegtijdig analyseren en invoeren van recreatieve aspecten in het ontwerp van een oeverbeschermingsconstructie van groot belang. De recreant zal anders toch zijn eigen weg banen en achteraf vele regels en verordeningen en/of aanpassingswerken noodzakelijk maken om conflictsituaties op te heffen.

2.1.5. Wetenschappelijke en didactische functie

Nederland is als deltaland als milieu zeer bijzonder. Het kent gradienten van noord naar zuid, van oost naar west, van zout naar zoet, van laag naar hoog, met vele gradiënten van nat naar droog. Vooral vanwege zijn lage delen, waarvan oevers een belangrijk deel uitmaken, is Nederland voor de verspreiding en ecologie en als genenpool van laaglandsoorten wetenschappelijk van belang (Mörzer Bruyns, 1977).
Contact met de natuur is bij de vorming van jeugd en jonge mensen tot persoonlijkheden onmisbaar. Het leren kennen van differentiatie en aanpassing, van natuurwaarden en -wetten, alsmede van de vernietigende gevolgen van verstoring en ander verkeerd ingrijpen, is hoogst belangrijk (Mörzer Bruyns, 1977). Oevers bieden hiertoe een goede gelegenheid doordat ze, behalve de vele natuurwaarden die zij kunnen hebben, tevens een grote aantrekkingskracht uitoefenen tot het recreatief gebruik ervan.

2.1.6. Landbouw- en visserijfunctie

Veel oevers grenzen aan of maken deel uit van percelen die landbouwkundig gebruikt worden (Smittenberg, 1979). Dit landbouwkundig gebruik van deze oevers of aangrenzende percelen bepaalt ook in grote mate het thans aanwezige landschappelijke karakter ervan.
De aard van dit gebruik sluit andere functies uit of is op zijn minst van invloed op de andere functies. Zo kan bijvoorbeeld het beweiden van de oeverzone een bedreiging voor de waterkerende en natuurfunctie vormen. Begrazing van de oeverzone verhindert de optimale ontwikkeling van een oevervegetatie welke de meest structurerende factor voor een oeverlevensgemeenschap is en tevens een bescherming tegen erosie vormt. Het vee heeft namelijk een voorkeur voor jonge rietscheuten en

andere sappige planten die juist in de oeverzone groeien. Daarnaast vormt de betreding (vertrapping) van de oeverzone een directe bedreiging voor de stabiliteit van de oever (o.a. Bittmann, 1965; de Boer, 1979; van Gelder, 1979).
Een klein aantal oevers zijn in gebruik als riet- en/of biezencultuur en vormen als zodanig een brede maar weinig gedifferentieerde oevervegetatie.

Voor de betekenis van oevers voor de visserij kan grotendeels verwezen worden naar de natuurfunctie. Hoe groter de mogelijkheden voor de producenten in een in evenwicht verkerend waterecosysteem is, des te meer vis daar uiteindelijk als primaire, secundaire of tertiaire consument van kan leven. Daarnaast biedt een goed ontwikkelde oevervegetatie levensruimte en paaimogelijkheden voor vissen (Knöpp en Kothé, 1965, Lewis en Williams, 1984).

2.2. FACTOREN IN HET OEVERMILIEU

De belangrijkste factoren die in het oevermilieu een rol spelen zijn:

abiotische factoren:	water
	wind
	bodem
	geomorfologie
biotische factoren:	vegetatie
	dieren
	mens
	(botulisme)

Deze factoren bepalen in onderlinge wisselwerking de uiteindelijke verschijningsvormen van de oever, de functies die de oever kan vervullen en de mogelijkheden voor een natuurlijke of natuurtechnische oeverbescherming. De verschillende factoren, zelf weer opgebouwd en/of beïnvloed door vele deelfactoren, worden hieronder beschreven. De onderlinge wisselwerkingen en beïnvloedingen zijn ter verduidelijking in relatieschema's gezet.

2.2.1. Water

De factor water kan als volgt worden onderverdeeld:

- water
  - waterbeweging
    - golfbeweging (a)
    - stroming (b)
    - waterstandswisselingen (c)
  - waterkwaliteit (d)
    - zwevende stof
    - opgeloste stof

a. Golfbeweging (zie voor uitgebreide beschrijving : Hagemeyer en Sessink, 1982).

Golven vormen de belangrijkste oorzaak van oevererosie in Nederland. Golven worden opgewekt door de wind en/of de scheepvaart. In smalle wateren is de invloed van scheepsgolven veelal groter dan de windgolven. Op meren en plassen hebben de windgolven de meeste invloed, behalve daar waar de vaargeul dicht onder de oever ligt.

Golven worden gekenmerkt door de golflengte, de golfhoogte en de golfsnelheid. In natuurlijke situaties kan men slechts spreken van onregelmatige golven, opgebouwd uit vele enkelvoudige golven, veroorzaakt door wind en/of scheepvaart.

In verband met de oeverbeschermingsproblematiek is de invloed van de waterdiepte op de waterbeweging van belang. Water typeert men als ondiep als de waterdiepte kleiner is dan de halve golflengte. Het begrip ondiep is hier dus relatief en afhankelijk van de op een bepaald moment voorkomende golven. Een golf die in ondiep water komt wrijft over de bodem en verliest aan de bodem wrijvingsenergie. Die energie kan bodemdeeltjes losmaken en zo erosie veroorzaken.

Windgolven

Wind oefent op het water een drukeffect en een meesleepeffect uit. Door deze druk- en zuigkrachten worden de bewegingen van de waterdeeltjes versneld en ontstaan golven.

De door de wind opgewekte golven worden bepaald door de strijklengte, de windsnelheid, de windduur en de waterdiepte (zie tabel 1).

F = 250		D					
		1	2	3	4	5	6
	5	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
	10	0,13	0.13	0.14	0.14	0.14	0.14
W	15	0,19	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22
	20	0,25	0.29	0.30	0,30	0.30	0.30
	25	0,31	0.36	0.38	0.39	0.39	0.39

F = 500		D					
		1	2	3	4	5	6
	5	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	10	0,16	0,18	0.18	0.18	0.18	0.18
W	15	0,24	0,27	0.28	0.29	0.29	0.29
	20	0.30	0.36	0.38	0.39	0.40	0.40
	25	0,36	0,45	0,49	0,50	0.51	0.52

F = 1000		D					
		1	2	3	4	5	6
	5	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
	10	0,19	0,22	0,23	0,24	0,24	0,24
W	15	0,27	0,34	0,36	0,37	0,38	0,38
	20	0,34	0,45	0,49	0,51	0,52	0,53
	25	0,40	0,54	0,61	0,64	0,66	0,67

F = 2000		D					
		1	2	3	4	5	6
	5	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	10	0,23	0,28	0,30	0,31	0,32	0,32
W	15	0,30	0,41	0,46	0,48	0,49	0,50
	20	0,36	0,52	0,60	0,64	0,67	0,68
	25	0,41	0,62	0,73	0,80	0,83	0,86

F = 5000		D					
		1	2	3	4	5	6
	5	0.15	0,19	0,20	0,20	0,21	0,21
	10	0.25	0,36	0,40	0,43	0,44	0,45
W	15	0,32	0,49	0,58	0,63	0,67	0,69
	20	0,38	0,60	0,73	0,82	0,88	0,92
	25	0,42	0,69	0,87	0,99	1,07	1,14

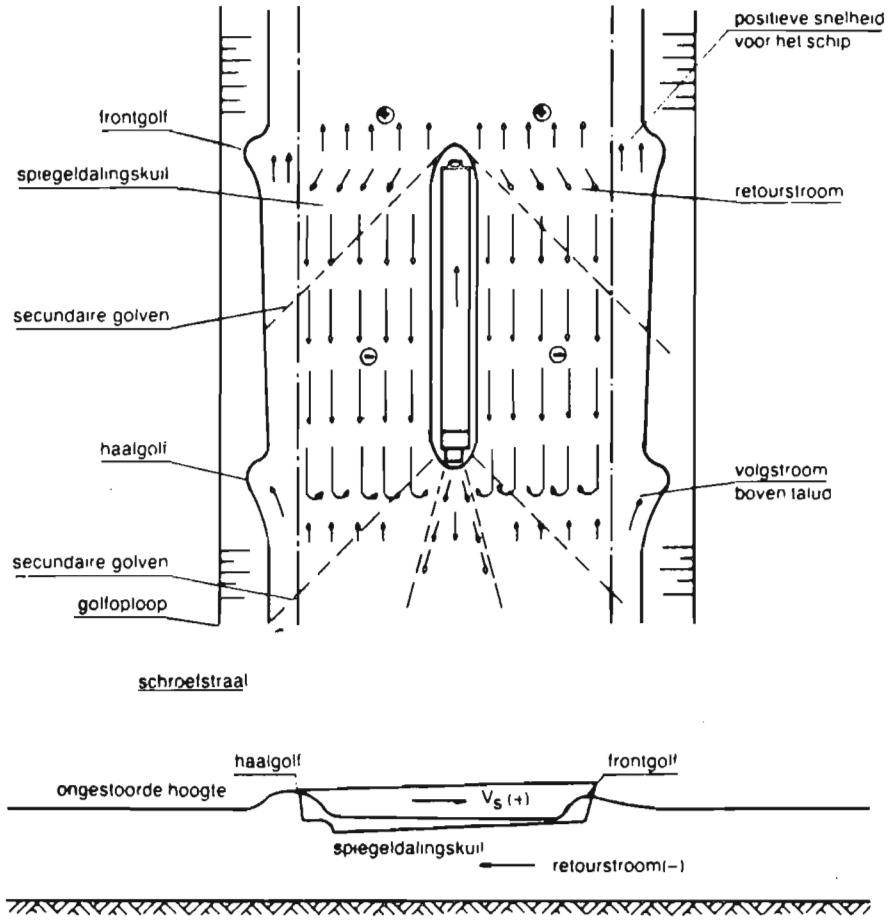
F = 10.000		D					
		1	2	3	4	5	6
	5	0,17	0,22	0,25	0,26	0,26	0,27
	10	0,26	0,40	0,48	0,52	0,55	0,57
W	15	0,33	0,53	0,66	0,75	0,81	0,85
	20	0,38	0,62	0,81	0,94	1,03	1,10
	25	0,42	0,71	0,93	1,10	1,23	1,33

Tabel 1. Golfhoogten bij strijklengte F (m), windsnelheid W (m/s) en diepte D (m) (uit Drooger, 1983).

Bij een hogere windsnelheid worden de opgewekte golven langer en lopen sneller dan de golven bij lagere windsnelheid. Bij een toename van de windduur en de strijklengte nemen de golfhoogte, de golflengte en de voortplantingssnelheid van de golven toe.
De bodem krijgt een beperkende invloed op de golfontwikkeling als de waterdiepte kleiner dan de halve golflengte van de windgolven wordt. De mate van bodemruwheid speelt hierbij tevens een rol.

Scheepsgolven

Een schip veroorzaakt een primair en een secundair golfsysteem. Daarnaast veroorzaakt een vertragend of versnellend schip nog extra stromingen. Het geheel is zeer complex (zie fig. 6). Alleen van de belangrijkste golftypen is iets bekend.
De belangrijkste en meest schadelijke gevolgen van een passerend schip zijn: de frontgolf, de retourstroom, de waterspiegeldaling, de haalgolf en de taludvolgstroom.
Het primaire golfsysteem. Het schip zit als het ware gevangen in een golf die het zelf opwekt en waarvan de lengte ongeveer gelijk is aan de scheepslengte. Het door de boeg verdrongen water verplaatst zich naar het achterschip om de daar vrijgekomen ruimte op te vullen. Bij de boeg wordt het water plaatselijk opgestuwd (front- of boeggolf). De verplaatsing van het water van voor naar achter het schip (de retourstroom) gaat gepaard met een daling van de waterspiegel, welke zich met de snelheid van het schip verplaatst en de hekgolf vormt. Bij hoge vaarsnelheden kan de optredende waterspiegeldaling aan de oever niet meteen weer worden aangevuld. Als reactie daarop ontstaat een volgstroom, die met grote snelheid water gedeeltelijk van achteren langs het talud aanvoert (de haalgolf). Deze haalgolf heeft tot op grote diepte hoge stroomsnelheden en kan nog versterkt worden door het secundaire golfsysteem. Achter het front van de haalgolf treedt een taludvolgstroom op met hoge stroomsnelheden in een smalle zone langs de waterlijn.
Deze effecten op de oever zijn het grootst indien de diepgang van het schip groot is ten opzichte van de waterdiepte.
Het secundaire golfsysteem. Dit wordt opgewekt door het primaire golfsysteem. Vooral de boeggolf en de hekgolf en andere discontinuïteiten in de waterspiegel langs de scheepsromp veroorzaken dit verschijnsel. Resulterend in een door interferentie ontstaand sys-



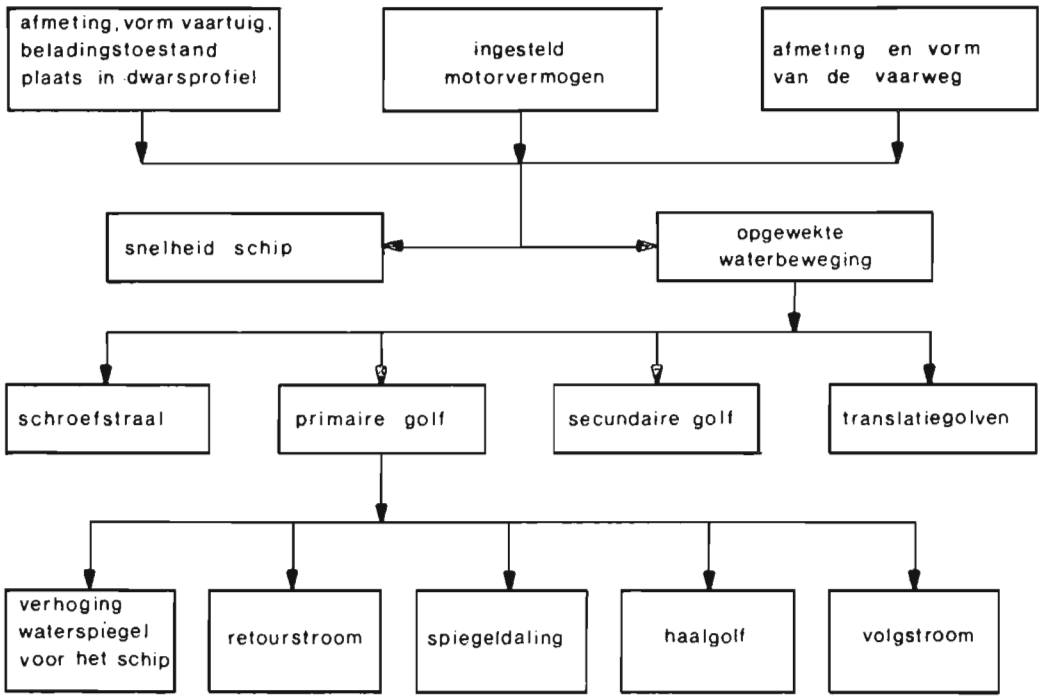


Fig. 6 Waterbewegingen tengevolge van een in een vaarweg varend schip (uit Drooger (1983) en PWS-F (1982)).

teem van golftoppen. Deze golftoppen vormen aan weerszijden van het schip een lijn in een scherpe hoek met het schip.

Translatiegolven. Wanneer een schip vertraagt of versnelt of door een discontinuïteit in het dwarsprofiel van de vaarweg vaart, ontstaan translatiegolven. De hoogte hiervan is gering in vergelijking met de primaire scheepsgolven.

De schroefstraal. Vlak achter een roterende scheepsschroef treden zeer hoge watersnelheden op, waarbij het water zich zeer turbulent gedraagt.

wind	golven	effecten
windsnelheid windrichting windduur		erosie- en sedimentatie-processen in de oeverzone
dimensies v/h waterlichaam strijklengte waterdiepte dwarsprofiel (vaarweg)	golfhoogte golflengte golfsnelheid	mechanische beschadiging van de vegetatie beïnvloeding van de (benthische) macrofauna in de oeverzone (Smit, 1985)
scheepvaart vaarsnelheid rompvorm scheepslengte		indirecte effecten van spat- en stuifwater op de oever

Fig. 7 Relatieschema golven en de effecten op de oever.

b. Stroming

Stroming kan verschillende oorzaken hebben. Wat zoete wateren betreft zijn hiervan de belangrijkste de waterafvoer en het verhang van rivieren, de wind (drift- en retourstroming) en de scheepvaart (waterspiegeldalingsstroom, taludvolgstroom, schroefstraal).

De belangrijkste effecten van stroming in de oeverzone zijn de eroderende werking en de invloed op de groeimogelijkheden (type en verspreiding van de oevervegetatie) en de vitaliteit van de planten. Indirect wordt de vegetatie via de substraatsamenstelling beinvloed door de door de stroming veroorzaakte erosie- en sedimentatieprocessen (Seibert, 1967).

Stroming	Effecten
(semi-)getijstroming waterafvoerstroming rivieren beken spuikanalen drift- en retourstroming o.i.v. wind stroming t.g.v. scheepvaart waterspiegeldalingsstroming taludvolgstroom schroefstraal	erosie en sedimentatie in de oeverzone mechanische beschadiging vegetatie (direct effect) indirecte effecten op vegetatiesamenstelling (via bodemsamenstelling) effecten op de waterkwaliteit in de oeverzone (b.v. i.v.m. botulisme)

Fig. 8 Stroming en effecten op de oever.

c. Waterstandswisseling

Als oorzaken van peilvariaties zijn te onderscheiden: kosmische krachten, klimatologische omstandigheden en menselijke activiteiten (Kluwer, 1974). Onder natuurlijke omstandigheden zullen in getijloze wateren de waterstandswisselingen gecorreleerd zijn met de klimatologische omstandigheden. In Nederland wordt dit natuurlijke peilregiem gekenmerkt door een hoge waterstand in de winter (maximum in maart-april) en een lage in de zomer (minimum in augustus-oktober).

Op het ogenblik wordt het peil van vrijwel alle grote stagnante binnenwateren strak beheerd, met een winterpeil van oktober tot en met maart en een zomerpeil van april tot en met september, dat in het algemeen één of enkele decimeters hoger ligt. Hierdoor is een ten opzichte van de natuurlijke situatie omgekeerde toestand gecreëerd ten behoeve van een vlotte afwatering en een grotere veiligheid bij stormen en een grotere komberging in de winter en een goede vochtvoorziening en bevaarbaarheid in de zomer. Alleen de rivieren en de daarmee direct of indirect in contact staande wateren en kleine geïsoleerd liggende meren en plassen vertonen nog seizoensbepaalde peilvariaties (afgezwakt door de bouw van stuwen) (Kluwer, 1974).

Belangrijke aspecten van waterstandswisselingen zijn: de regelmaat,

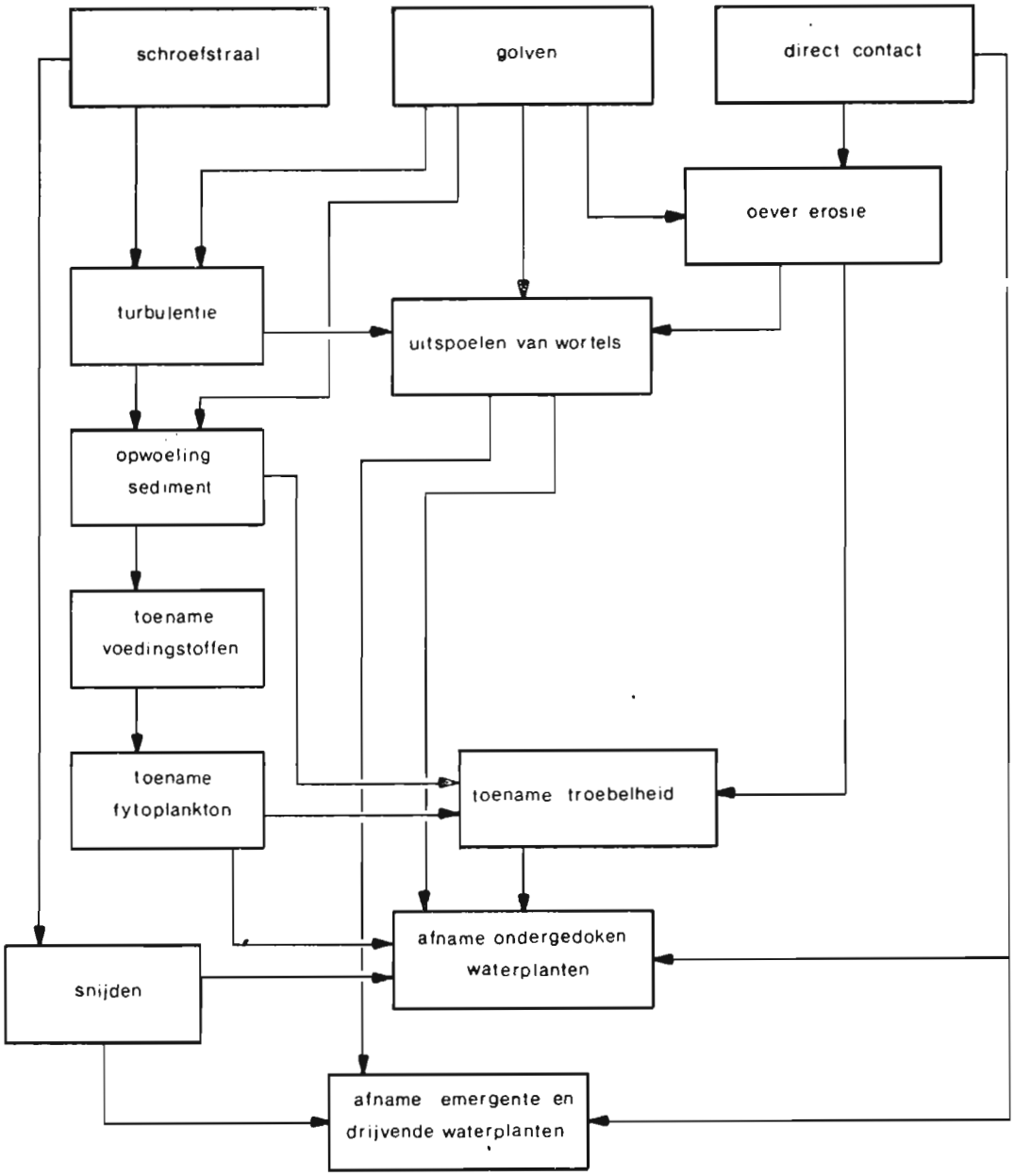


Fig. 9 Effecten van (recreatie-)scheepvaart op oevervegetaties (naar: Liddle & Scorgie, 1980).

de tijdsduur, de grootte en de snelheid waarmee ze optreden (Kluwer, 1974; Koster, 1975). De gemiddelde waterpeilen, die zich alleen gedurende korte perioden wijzigen, zijn volledig dominant. Zij hebben een veel selectievere invloed op de vegetatie dan bijvoorbeeld een hoge waterstand voor enkele dagen. Het gemiddelde zomerpeil is voor de vegetatiezonering bepalend (Bittmann, 1965).

In verband met kieming is het effect van peilwisselingen in de maanden maart-mei waarschijnlijk relatief groot.
Wanneer het gaat om onregelmatige peilfluctuaties, zou men de volgende hypothese kunnen stellen. Wanneer een bepaalde waterhoogte meer dan 3 dagen achter elkaar voortduurt tijdens de vegetatieperiode, dan heeft dit hetzelfde effect als een constante waterstand van die hoogte. De dieptezones, waarin de verschillende plantesoorten potentieel kunnen voorkomen, worden smaller naarmate de peilvariaties onregelmatiger en extremer zijn. Met name de peilvariaties tijdens het groeiseizoen zijn hierbij bepalend. Naarmate de peilfluctuaties onregelmatiger en extremer zijn zal de oevervegetatie ijler worden, waarbij de onderste vegetatiegrens op een steeds hoger niveau ten opzichte van de gemiddelde waterstand zal komen te liggen. Hierdoor ontstaat een onbegroeide zone, die beurtelings droog ligt en onder water staat en niet door vegetatie beschermd is tegen erosie. Voor het handhaven van een stabiele vegetatiezonering rond de gemiddelde zomerwaterstand lijkt het zinvol als maximaal toelaatbare afwijking van het zomerstreefpeil een peilwisseling van 15 cm gedurende maximaal 3 dagen aan te houden. Indien een zomer- en winterpeil is ingesteld, is het aan te bevelen de overgang van winter- naar zomerpeil zo langzaam mogelijk te laten geschieden ($\leq$ 1 cm per dag), (Kluwer, 1974).
Een manier om een oever, wat betreft de (potentiële) vegetatie, te karakteriseren is met behulp van een waterstandsduurlijn. Deze laat zien het voorkomen van een bepaald waterpeil gedurende een zekere tijd (een jaar of een groeiseizoen) (zie par. 3.3, fig. 17). Door deze te correleren met de vegetatiezones kan men de relatie tussen de waterstandswisselingen en de zonering van de oevervegetatie aflezen. Voor een water met een bekende waterstandsduurlijn kan globaal de potentiële oevervegetatie(zonering) afgeleid worden met behulp van een vergelijkbare situatie elders.
Nader onderzoek naar de relatie waterstandswisselingen - oevervegetatie kan wellicht meer duidelijkheid scheppen in deze materie. Overigens kunnen behalve een goede oevervegetatie-ontwikkeling ook andere doelstellingen een rol spelen, zoals het creëren van ondiepe, juist niet of schaars begroeide slikgebieden als voedselgebied voor steltlopers.

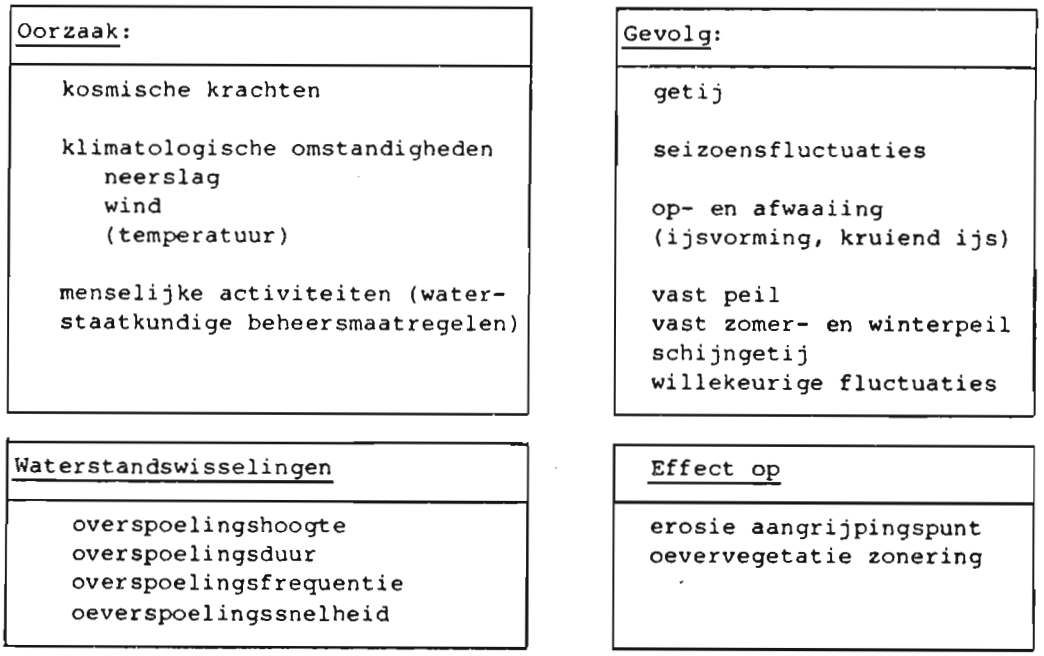


Fig. 10 *Oorzaken en gevolgen van waterstandswisselingen.*

d. Waterkwaliteit

De waterkwaliteit beïnvloedt de groeimogelijkheden en samenstelling van de oevervegetatie en de hele oeverlevensgemeenschap.

In zout tot brak water komen slechts enkele hogere water- en oeverplanten voor, in zoet water veel meer. Het navolgende beperkt zich tot de situatie in zoete wateren.

Vooral het voedingszoutengehalte (de trofiegraad) van het water beïnvloedt de samenstelling en vitaliteit van de oevervegetatie. Eutrofiëring (voedselverrijking) van het water (door agrarische bemesting, rioolwater, enz.) veroorzaakt een toename van het fytoplankton en een afname van de grotere waterplanten. Concurrentie om licht is hierbij een belangrijke factor. De vegetatie wordt eenvormiger doordat plantesoorten, die niet met snelgroeiende soorten kunnen concurreren, verdwijnen. Hierdoor verarmt ook de fauna. In het algemeen kan men stellen dat eerst de ondergedoken vegetatie en vervolgens de waterplanten met drijvende bladeren verdwijnen. In een extreme situatie blijven alleen hoogproduktieve, alles overwoekerende planten, zoals liesgras, mannagras, riet, lisdodde en gele lis over (De Maeseneer, 1979).

Daarnaast kan beschadiging van de vegetatie optreden, doordat de met algenwatten begroeide stengels een groter aangrijpingsoppervlak voor stroming en golfslag vormen en daardoor sneller knakken (Binz et al., 1980; Sukopp en Markstein, 1981). Verder is aangetoond dat het steunweefsel in de stengels van riet en kleine lisdodde (Sukopp, 1981) en mattenbies (Seidel, 1956) wordt verzwakt door een hoog voedingsstoffengehalte van het water.

Op het water drijvende rommel, vormt een bedreiging voor de oevervegetatie, omdat deze bij golfslag en stroming veel schade kan veroorzaken. Giftige stoffen vormen een bedreiging voor al het leven in en om het water. Bij sommige waterplanten is een specifieke werking tegenover moeilijk afbreekbare organische verbindingen vastgesteld.

Zo is voor mattenbies aangetoond dat deze verschillende van deze verbindingen (bijv. fenolen, PCB's) kan accumuleren en afbreken. Ook accumuleert deze plant verschillende zware metalen (De Maeseneer, 1979; Seidel, 1966).

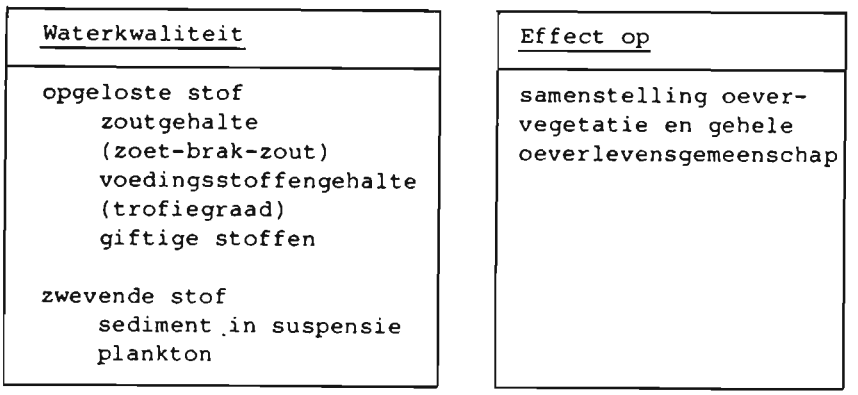


Fig. 11 *Waterkwaliteit; aspecten en effecten op de oever.*

2.2.2. Wind

De factor wind heeft met name een indirect effect via de golfwerking (zie hiervoor), namelijk als de veroorzaker van windgolven, winddrift- en retourstromen en op- en afwaaiingsverschijnselen.

De factor wind wordt gekarakteriseerd door windsnelheid, windduur en windrichting. Voor de oeverproblematiek is de overheersende windrich-

ting en de windrichting van de optredende winterstormen van groot belang.
Daarnaast is de afstand waarover de wind zijn invloed kan uitoefenen op de factor water (de strijklengte) en de waterdiepte, bepalend voor de golfopwekking (zie par. 2.2.1., tabel 1).

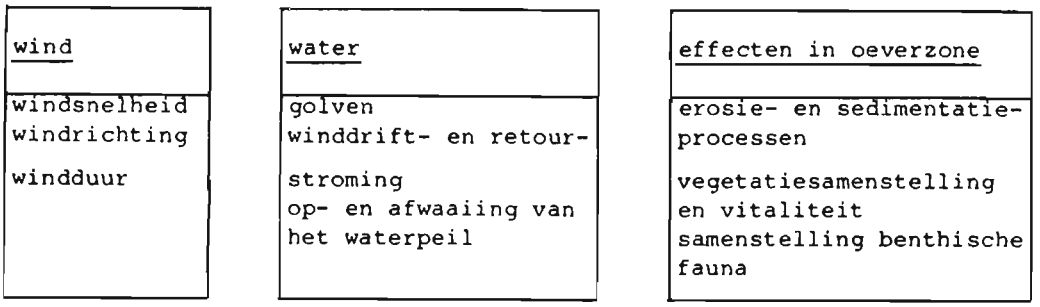


Fig. 12 Wind; effecten op het water en de oever.

2.2.3. Bodem

De bodemsamenstelling en -opbouw zijn van grote invloed op de erosiegevoeligheid van oevers en daardoor op de geomorfologie ervan. Daarnaast beïnvloeden de bodemeigenschappen (b.v. bodemvruchtbaarheid, korrelgrootteverdeling, gelaagdheid, stevigheid) de vegetatiesamenstelling en de beworteling (van Dijk, z.j.) en daardoor ook op indirecte wijze de erosiegevoeligheid van de oever.
Bodemkundig wordt de weerstand van een oever tegen erosie bepaald door de opbouw, door de cohesie van het bodemmateriaal en door de beworteling (Van Eerdt en Schoot, 1981).

Opbouw

Belangrijk is de plaats van de verschillende bodemlagen in het profiel en de dikte van de bodemlagen. Doorslaggevend is de uitholling van de minst weerstandskrachtige laag. Hoe dikker deze laag, hoe verder de uitholling kan voortschrijden en hoe sneller eventuele erosie kan optreden.

Cohesie

Deze wordt voornamelijk bepaald door de samenstelling van het materiaal, met name door het percentage lutum (blijkt zeer belangrijk) en kitstoffen (organische stof, kalk) en de pakkingsdichtheid.

Beworteling

Zie vegetatie (par. 2.2.5.).

2.2.4. Geomorfologie

De geomorfologie van een oever is de resultante van de optredende erosie- en sedimentatieprocessen, bepaald door factoren als golfaanval, bodemeigenschappen, oevervegetatie en oeverbescherming. Het oeverprofiel is op zijn beurt van grote invloed op de grootte van de golfaanval en op de mogelijkheden voor een oevervegetatie. Hoe flauwer de helling van het oeverprofiel, des te gelijkmatiger wordt de golfenergie op de vooroever gedempt en des te meer mogelijkheden zijn er voor de ontwikkeling van een gezoneerde oevervegetatie met bijbehorend dierenleven.

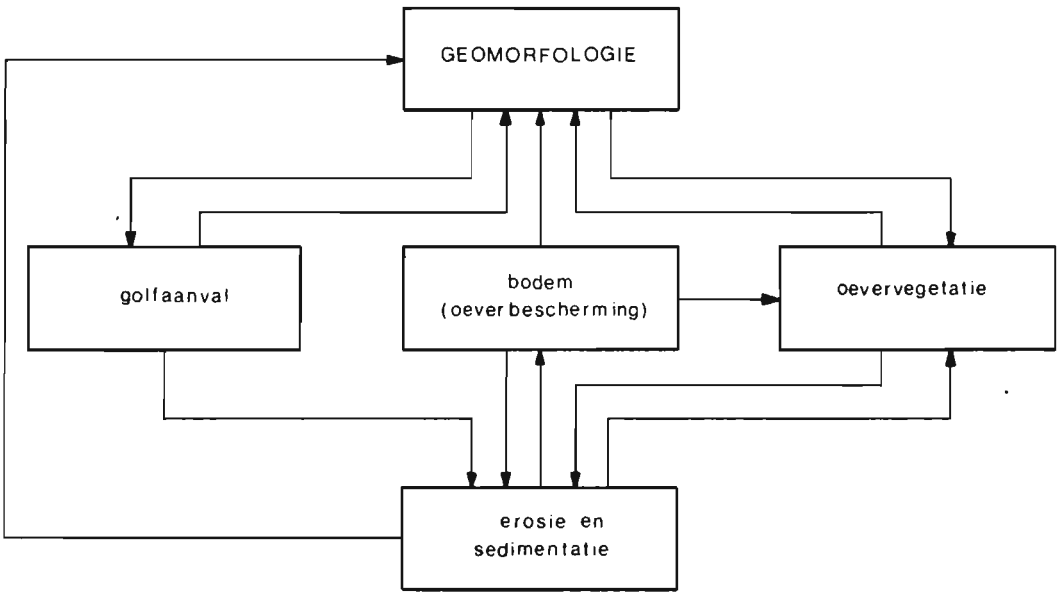


Fig. 13 Geomorfologie van de oever met de belangrijkste relaties.

2.2.5. Vegetatie

De vegetatie wordt als biotische factor sterk bepaald door de hiervoor beschreven abiotische standplaatsfactoren. In de eerste plaats moet er ruimte zijn voor een oevervegetatie, met andere woorden de geomorfologie moet geschikt zijn. Zo sluit een steil oeverprofiel een goed ontwikkelde en gezoneerde oevervegetatie uit. Is er ruimte voor een

oevervegetatie dan is verder de invloed van het water, vooral de waterbeweging, dominerend. Hoe sterker de fysische invloed van het water tijdelijk of plaatselijk is, des te geringer is de invloed van andere factoren. Waar echter de invloed van het water minder wordt of bijna ophoudt, krijgen de andere factoren een grotere betekenis (Bittmann, 1965). De bodem en de voedselrijkdom van het water zijn hiervan belangrijk. Een andere factor is het (micro)klimaat, bijvoorbeeld de invloed van wind en beschaduwing.

De waterbeweging heeft een sterke invloed op de vestiging en de ontwikkeling van een oevervegetatie. In een te turbulente, golfrijke omgeving kan zich geen vegetatie vestigen. De optredende waterstandswisselingen (dagelijkse zowel als jaarlijkse) spelen een bepalende rol bij de zonering van de vegetatie, zoals al beschreven is bij de factor waterstandswisseling (2.2.1).

De vegetatie heeft op haar beurt invloed op de golfbeweging en stroming van het water en op de bodem en geomorfologie door de beïnvloeding van erosie- en sedimentatieprocessen en doordat de vegetatie zelf materiaal produceert dat in rustig water ter plaatse bezinkt (het verlandingsverschijnsel). De in het water groeiende delen van de planten dempen de golven en stroming, zodat plaatselijk materiaal kan bezinken, terwijl de wortels de bodem vasthouden en een zekere bescherming tegen erosie bieden.

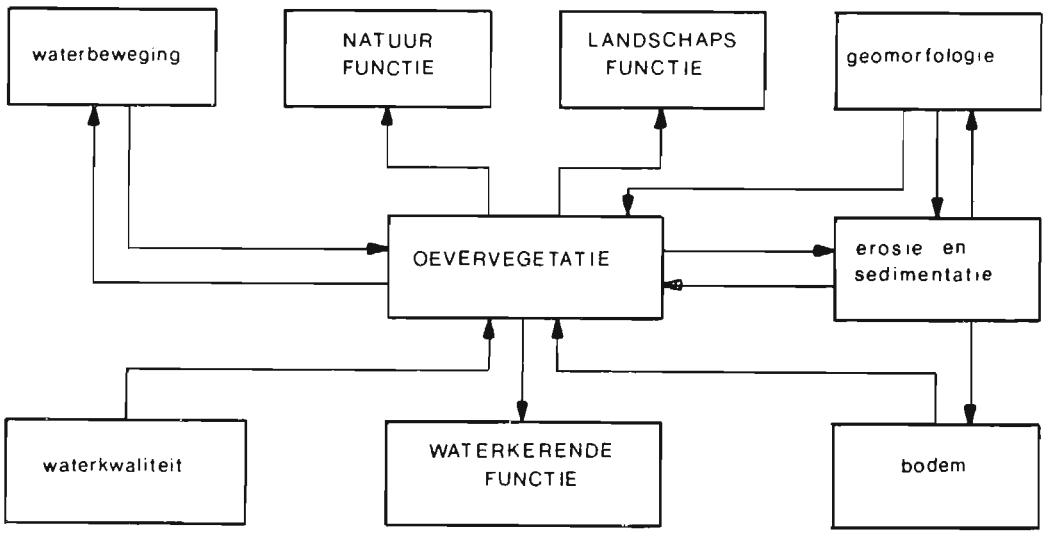


Fig. 14 *Oevervegetatie en de belangrijkste relaties met andere oeverfuncties en milieufactoren.*

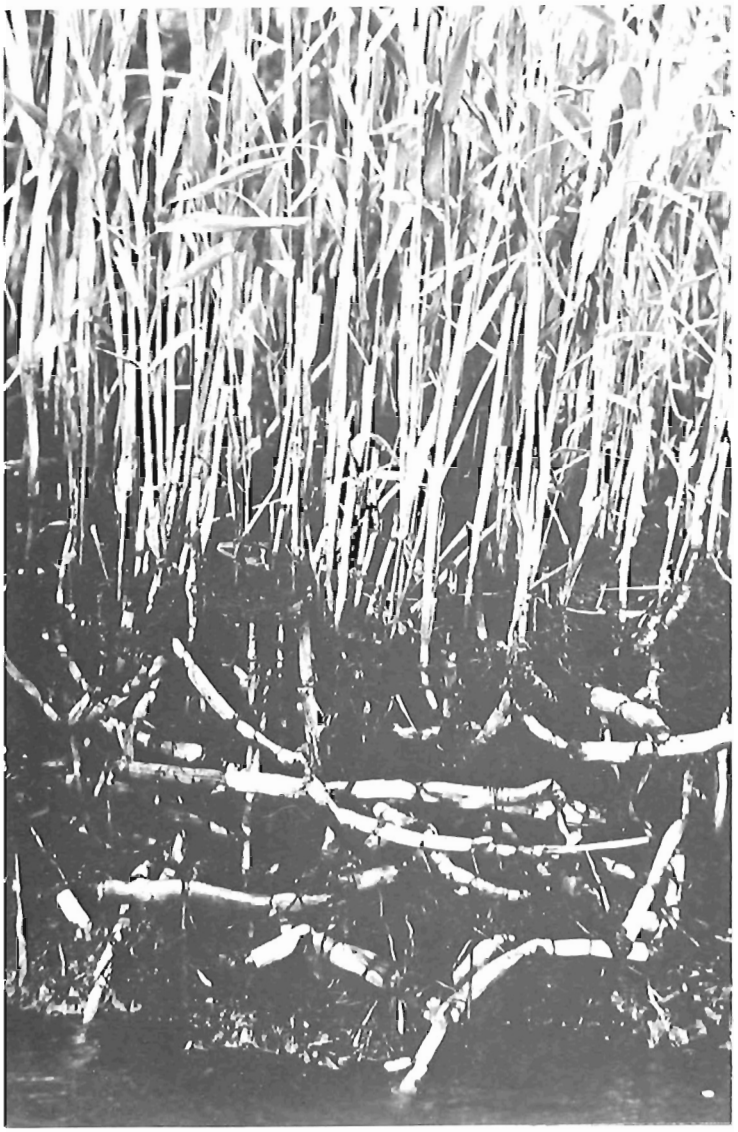


foto 13. Doorworteling van de ondergrond van een rietvegetatie.

De vegetatie vormt, als producent van organische stof de basis van een oeverlevensgemeenschap en geeft daarnaast structuur aan de oever. De vegetatie is daardoor van groot belang voor de natuurfunctie en landschapsfunctie van oevers.
Kortom een oevervegetatie heeft bepaalde oeverbeschermende eigenschappen en vormt een voorwaarde voor het ontstaan van natuurlijk waardevolle en landschappelijk aantrekkelijke oevers.

2.2.6. Dieren

De oevers en de oevervegetatie zijn van belang voor vele diersoorten. Deze dieren vormen een belangrijke bijdrage aan de natuurfunctie van een oever.
De oever met daarop de vegetatie is de contactzone tussen water en land en daardoor vooral van belang voor diersoorten, die in of op het water en eveneens op het land hun levensruimte vinden, zoals verscheidene vogel- en zoogdiersoorten en alle amphibische soorten, maar ook voor diersoorten die òf alleen op het land, òf alleen in het water kunnen leven, zoals respectievelijk verschillende vogelsoorten en alle vissoorten. Vele watervogels, steltlopers en riet- en moerasvogels hebben hun rust-, slaap-, rui-, broed- of voedselgebieden in de oeverzone. Voor een beschrijving van deze diersoorten wordt verwezen naar het Rivers and Wildlife Handbook (Lewis and Williams, 1984) en naar het rapport van Chardon (1984).
De oeverzone vormt ook een belangrijk leefgebied voor de benthische en aquatische macrofauna (zoals muggelarven, libellelarven, kokerjufferlarven, enz.), welke als voedsel dienen voor vogels en vissen (Lewis en Williams, 1984; Smit, 1985).
Bepaalde dieren kunnen een invloed uitoefenen op de oever, die minder gewenst is in verband met de waterkerende functie van oevers. Zo kan door begrazing door vee van een oevervegetatie met daarbij gepaard gaande vertrapping en afbrokkeling van de oeverzone de erosiegevoeligheid van een oever worden verhoogd. Begrazing van de ondergrondse delen van riet en biezen door meerkoeten en grauwe ganzen kan ook de erosiegevoeligheid van een oever verhogen (Poorter, 1982; Adriaanse, 1984). Vergraving van een oever door de muskusrat is een andere bedreiging (Doude van Troostwijk, 1976; C.O.W., 1981; Bakker, 1984; Kleine, 1969).

2.2.7. Mens

Op de meeste oevers heeft de mens haar stempel gedrukt. Ten behoeve van waterstaatkundige, landbouwkundige en/of economische belangen hebben vele veranderingen aan wateren en hun oevers plaatsgevonden: normalisatie van waterlopen, bochtafsnijdingen, dijkverzwaringen, "verstening" van rivieroevers (N.W.C. 1979), bouw van stuwen, afsluiting van benedenrivieren en zeearmen, intensivering van de landbouw, etc. Naast al deze civieltechnische en cultuurtechnische maatregelen ondergaan de laatste decennia vele oevers veranderingen ten gevolge van de sterk opkomende recreatiefunctie van wateren en hun oevers (Pilon, 1968). De natuur- en landschapsfunctie van oevers (en stroomgebieden) wordt door uitvoering van al deze werken sterk beïnvloed.
Een ander probleem, ontstaan door het intensieve gebruik van wateren en het aansluitende land, is het feit dat de belanghebbenden (waterbeheerders en landeigenaren) hoofdzakelijk in de oever geïnteresseerd zijn als waterkering en eigendomsgrens. Er is daardoor veelal geen ruimte voor een oever in de vorm van een min of meer natuurlijke geleidelijke overgang van water naar land. Dit kan vaak alleen opgelost worden door de aankoop van grond, wat echter kostbaar is.
Het beheer van oevervegetaties speelt bij het handhaven van natuurlijke oevervegetaties een belangrijke rol. Hierop zal in hoofdstuk 5 nader worden ingegaan.

2.2.8. Botulisme

Botulisme is als factor opgenomen, omdat deze ziekte onder vogels in oevergebieden in korte tijd zeer veel slachtoffers kan vergen en bepaalde typen ook voor de mens gevaar opleveren. Om deze gevaren zoveel mogelijk te beperken moeten bij de vormgeving van oevers zo mogelijk preventieve maatregelen genomen worden.
Botulisme is te beschouwen als een vorm van voedselvergiftiging, veroorzaakt door opname van toxinen, die door de bacterie Clostridium botulinum zijn gevormd. De besmette dieren krijgen verlammingsverschijnselen en sterven uiteindelijk in coma of door verdrinking. Er worden 6 toxine-typen onderscheiden, aangeduid met de letters A t/m F. De mens is vooral gevoelig voor de typen A,B,E en F, terwijl sterfte onder dieren voornamelijk veroorzaakt wordt door de typen C en D. In Neder-

land komen type A, B, C, en E voor. Sterfte onder wilde (water)vogels wordt vrijwel steeds veroorzaakt door type C, maar de laatste jaren ook door type E.

Het ontstaan van botulisme bij watervogels is afhankelijk van een viertal omstandigheden, die echter op hun beurt weer afhankelijk zijn van een stelsel van biologische, ecologische en hydrobiologische omstandigheden die elk moeilijk op hun juiste waarde zijn te taxeren:

- De aanwezigheid van de oorzakelijke bacterie Clostridium botulinum type C in voldoende concentratie in het milieu waarin de watervogels leven. Na een intensieve besmetting van een gebied is dit voor lange tijd het geval.
- De aanwezigheid van een geschikt groeisubstraat voor de bacterie in de vorm van kadavermateriaal. Dit betekent dat botulisme bij watervogels alleen kan ontstaan indien in een waterrijk gebied zieke en dode dieren -in de praktijk vooral watervogels- niet voldoende snel worden geëlimineerd, door bijvoorbeeld roofvogels en kraaiachtigen, of grondpredatoren als marterachtigen.
- De aanwezigheid van een gunstige temperatuur in het groeisubstraat, voor Cl. botulinum type C ongeveer 20°C. Bij de epidemiologie van botulisme is vooral de watertemperatuur van groot belang en het voorkomen van deze, voor Nederland hoge watertemperatuur, is primair afhankelijk van langdurig warm zomerweer met veel zonnestraling. Het spreekt vanzelf dat in ondiep stilstaand water deze temperatuur van 20°C relatief snel kan worden bereikt.
- De afwezigheid van zuurstof in het groeisubstraat, omdat Cl. botulinum zich alleen onder anaërobe omstandigheden kan vermeerderen. Het zuurstofgehalte van het water is niet van direct belang. De toxineproduktie vindt immers plaats in het kadavermateriaal en hierin ontstaat snel anaërobie. Het is echter waarschijnlijk dat in water en slik met een zeer laag zuurstofgehalte de vorming van het botulinumtoxine na desintegratie van het kadaver langer zal aanhouden en het gevormde toxine langer persisteert.

Samenvattend kan worden gezegd dat het ontstaan van botulisme bij watervogels vooral afhankelijk blijkt te zijn van de aanwezigheid van besmet kadavermateriaal bij (water)temperaturen van minstens 20°C. Door het uiteenvallen en bezinken van besmet kadavermateriaal kan dit gemakkelijk met het voedsel door watervogels worden opgenomen. Een mo-

gelijk belangrijker bron van vergiftiging vormen de maden van sarcophage vliegen die hun ontwikkeling in kadavers doormaken. Deze maden worden door diverse vogels gegeten en één enkele made kan de lethale dosis toxine voor een volwassen eend bevatten.
Cl. botulinum type B en E komen in gebieden, waar botulisme is waargenomen, zowel in de bodem als bij dieren voor: hierdoor kunnen voor de volksgezondheid bedenkelijke situaties ontstaan.
Deze gegevens zijn ontleend aan Haagsma (1973) en Prov. Waterst. Zld. (1977).

Bij het vormgeven en inrichten van oevers moet zoveel mogelijk worden voorkomen dat plaatsen ontstaan met afgesloten ondiep stilstaand water. Zeker wanneer dergelijke plaatsen ook nog slecht bereikbaar zijn voor de beheerder. Het verwijderen van kadavers bij een botulisme uitbraak vormt namelijk het enige middel tegen verdere uitbreiding van de epidemie.

2.2.9. De belangrijkste factoren in het oevererosieproces

In figuur 15 is het erosieproces met de belangrijkste factoren in schema gezet.

De laatste decennia is de oevererosie en de aandacht ervoor door een aantal oorzaken toegenomen:

- Het ontstaan van nieuwe grote meren door de afsluiting van zeearmen. Door het wegvallen van het getij wordt de aangrijpingszone van het water op de oever veel smaller (zie figuur 16), waardoor erosie gaat optreden totdat een bij de nieuwe situatie, in de tijd veelal ver verwijderd, behorend evenwichtsprofiel is ontstaan.
- De toename van de scheepvaart en het steeds groter worden van de schepen (duwbak-formaties) veroorzaken een steeds grotere golf- en stromingsaanval op de oever.
- Het instellen van vaste (streef-)peilen in vele binnenwateren heeft tot gevolg dat de aangrijpingszone van het water op de oever smaller is geworden dan in een situatie met natuurlijke fluctuaties. Tijdens natuurlijke hogere winterpeilen wordt de golfaanval (winterstormen) op een goed begroeid hoger gelegen deel van de oever opgevangen.

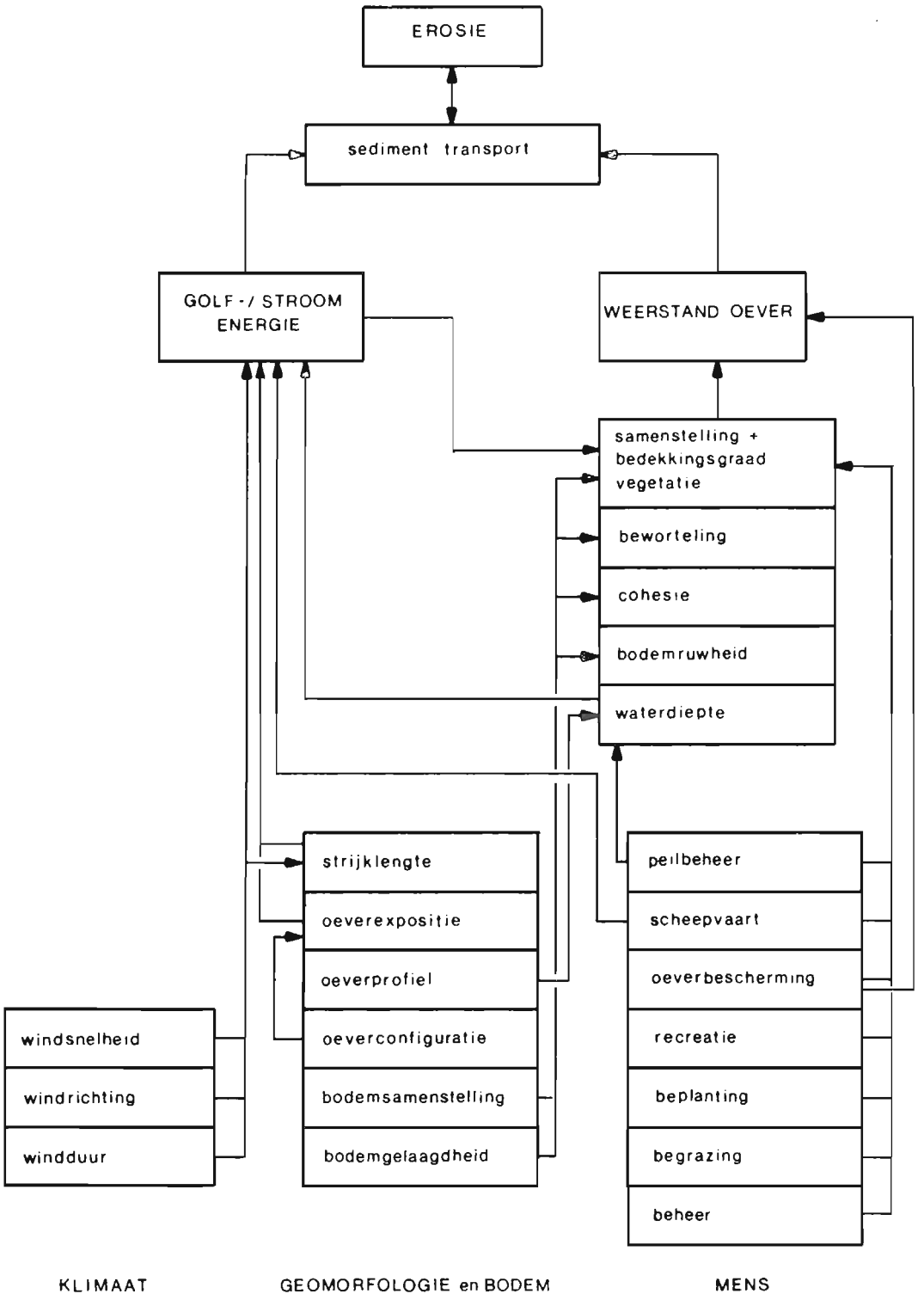


Fig. 15 *Het oevererosieproces met de belangrijkste beïnvloedende factoren in schema.*

Eventuele schade aan de vegetatie kan zich in het volgende groeiseizoen weer herstellen.

Bij een vast peil vindt de golfaanval voortdurend in dezelfde zone plaats, zodat de vegetatie bij schade weinig kans heeft zich te herstellen.

- Bij een lager winterpeil vindt de golfaanval 's winters op een niet of minder begroeid oeverdeel plaats, waardoor de vooroever erodeert.
- Nieuw gegraven plassen of zandputten en grindgaten hebben veelal (te) steile oevers, welke gaan eroderen.

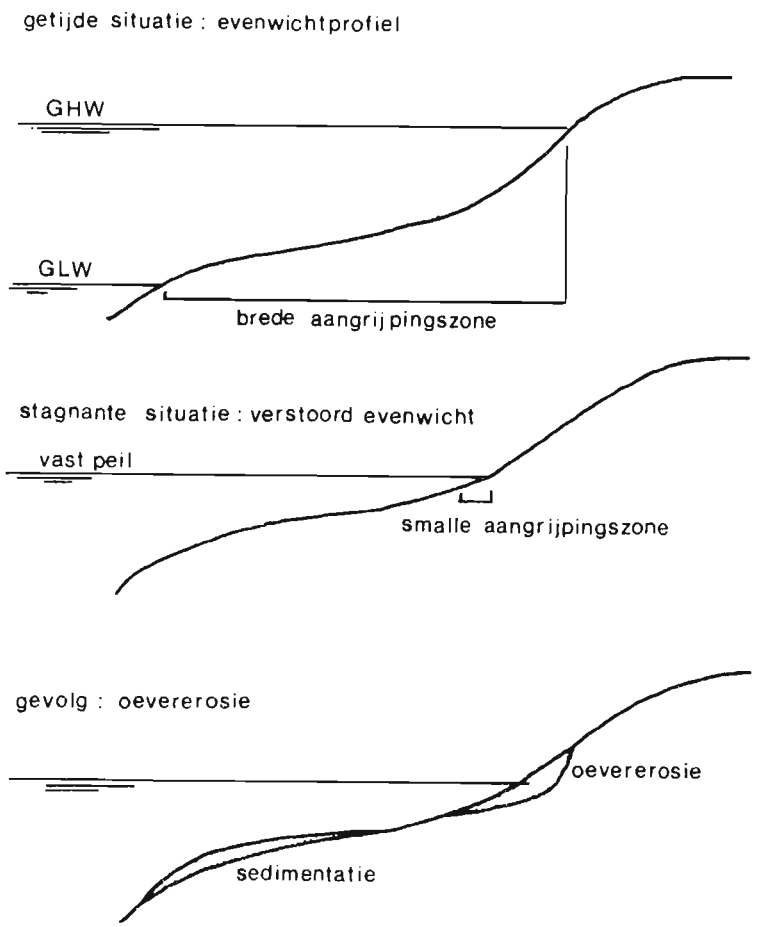


Fig. 16 *Oorzaak en proces van de oevererosie in de afgesloten bekkens.*

foto 14. Oevererosie langs een grasgors (Hollandsch Diep).

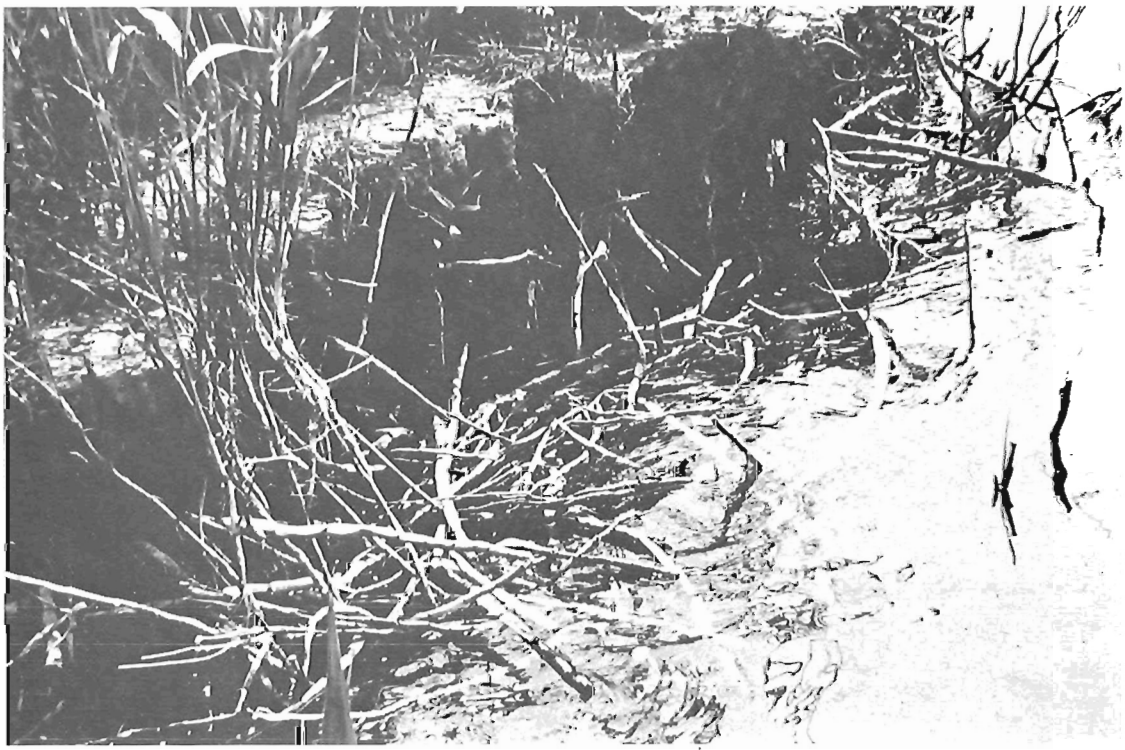


foto 15. Oevererosie langs een rietgors (Haringvliet).

De hoofdoorzaken van optredende oevererosie zijn dus in het kort:

- wind- en scheepvaartgolven
- een niet aan een stagnante situatie aangepaste getijde-geomorfologie in afgesloten zeearmen
- korte, steile oevers
- vaste waterpeilen

Dit heeft aan vele oevers tot resultaat dat het wortelmilieu van de oevervegetatie wordt onderspoeld en de oever erodeert.

Het is daarom langs zeer vele oevers noodzakelijk oeverbeschermende maatregelen te nemen.

3. NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMING

3.1. DEFINITIES

Onder natuurlijke oeverbeschermingen worden oeverbeschermingen verstaan waarbij uitsluitend gebruik wordt gemaakt van oevervegetaties. Onder natuurtechnische oeverbeschermingen worden oeverbeschermingen verstaan waarbij gebruik is gemaakt van een combinatie van technische middelen en oevervegetaties, met als resultaat een technisch goede en landschapsecologisch waardevolle bescherming van de oever. Natuurtechnische oeverbeschermingen zijn te beschouwen als een vorm van natuurbouw (natuurtechnische milieubouw): het met technische middelen geschikt maken van de standplaatsfactoren voor, in dit geval, een oevervegetatie.

3.2. HISTORISCHE ONTWIKKELINGEN EN HUIDIGE PROBLEMEN

Het toepassen van een natuurlijke oeverbescherming is al oud. Zo vaardigde hertog Carl Eugen van Württemberg in 1758 de volgende verordening uit: "Langs alle grote en kleine rivieren en waterlopen moeten hoge bomen worden geplant, met daarnaast wilgen, populieren en elzen; door welke niet alleen de oevers beschermd worden, maar welke ook de voor de waterbouw nodige wilgetenen leveren" (Bürkle, 1978).
De industriële revolutie heeft echter geleid tot de ontwikkeling en wijdverbreide toepassing van dode inerte materialen, waarmee eenduidige berekeningen kunnen worden gemaakt en precies bekende geometrische doorsneden van waterlopen kunnen worden verkregen. Deze materialen leken duurzamer en betrouwbaarder dan planten.
In de dertiger jaren echter wezen, vooral in Duitsland, een aantal specialisten op verschillende vakgebieden op het belang van natuurtechnische constructies in het landschap, het gebruik van biologische krachten en een zorgvuldige beschouwing van natuurlijke relaties. In de loop der jaren is het belang van het gebruik van natuurlijke elementen steeds duidelijker geworden en zijn verschillende belangrijke publicaties hierover verschenen, met name in Duitsland:
Bittmann e.a. (1965), Seibert (1967), Buchwald e.a. (1969), Schlüter

(1971), Von Schiechtl (1973), DIN-Norm 19657 (1973), DVWK (1984).
Ook vanuit andere landen zijn de laatste jaren artikelen verschenen die erop duiden dat de natuurlijke en natuurtechnische oeverbescherming in de belangstelling staat, o.a.: Young (1973, USA), Johnson (1972, Nieuw Zeeland), Mark e.a. (1972, Nieuw Zeeland), Mykofic en Peterson (1975, USA), Knutson (1977, USA), Little en Jones (1975, Groot Brittannië), Bache en MacAskill (1981, Groot Brittannië), Bowie (1982, USA), Bonham (1983, Australië), Lewis en Williams (1984, Groot Brittannië).
Ook in Nederland zijn de laatste jaren naast verschillende artikelen studies over dit onderwerp verschenen: Hagemeyer en Sessink (1982) en Chardon (1984).
Door vrijwel alle auteurs wordt gewezen op het belang van de kennis van de ecologie (standplaatsfactoren) en hydraulische eigenschappen van de planten. Belangrijke concepten bij de ecologie zijn zonatie en successie. De keuze van een plant voor het vervullen van een bepaalde functie moet aan de hand van deze natuurlijke patronen geschieden als men een mechanisch en ecologisch stabiele situatie wil creëren.
Het algemeen gesignaleerde probleem hierbij is echter het weinig of niet beschikbaar zijn van kwantitatieve gegevens over deze standplaatsfactoren, over de hydraulische eigenschappen van plantengroei, alsmede van de onder verschillende groeiomstandigheden variërende eigenschappen van planten. Anders gezegd het ontbreken van kennis omtrent de randvoorwaarden en oeverbeschermende effecten van oevervegetaties onder verschillende omstandigheden.
Natuurtechnische oplossingen zijn altijd een samenspel van techniek en natuur, waarbij het technische deel noodzakelijk is om het natuurlijke deel mogelijk te maken (b.v. golfdemping, bodemstabilisatie). De hoofdzaak is te weten wanneer, wat en in welke mate te doen.
Als eerste stap moeten de standplaatsfactoren van de planten omschreven worden, omdat zonder ecologische stabiliteit geen zekerheid bestaat over de mechanische eigenschappen. Hierbij vormt het definiëren van de hydrodynamische condities (kwantitatief) in de oeverzone een belangrijk aspect, omdat deze in de conventionele ontwerppraktijk de belangrijkste factor vormen en in de ecologie van de planten eveneens

een belangrijke rol spelen (Bache en MacAskill, 1981). Bekend moet zijn wat de technische ingrepen voor effect hebben en wat de vegetatie voor effect heeft op de hydrodynamische condities in de oeverzone. De effectiviteit van de natuurtechnische constructie = de effectiviteit van het technische deel + de effectiviteit van het natuurlijke deel.

3.3. VOOR- EN NADELEN TEN OPZICHTE VAN PUUR TECHNISCHE OEVERBESCHERMING

Er zijn verschillende punten van onderscheid tussen natuurtechnische milieubouw en technische bouw, welke voordelen voor natuurtechnische oeverbeschermingen aan het licht brengen (Seibert, 1967; Schlüter, 1971):

- Natuurtechnische oeverbeschermingen bieden in meer of mindere mate plaats voor een oeverlevensgemeenschap in tegenstelling tot oeverbescherming van inerte materialen.
- Een oevervegetatie oefent positieve, verrijkende landschapsecologische invloeden uit en bewerkstelligt esthetische verbeteringen die met technische werken niet bereikt kunnen worden.
- Een oevervegetatie is een levend systeem, wat zichzelf tot op zekere hoogte ordent (de functie van de ene plant kan door een andere worden overgenomen; planten kunnen zich herstellen na verstoring). Inerte materialen hebben deze eigenschappen niet.
- Een oevervegetatie ontwikkelt zich en kan steeds effectiever worden (b.v. door verdergaande doorworteling wordt de bodem steeds beter vastgehouden). Dit vergt echter tijd.

Er zijn echter ook nadelen en beperkingen verbonden aan de toepassing van natuurtechnische systemen (Schlüter, 1971):

- Technische systemen kunnen veel grotere belastingen verdragen dan natuurtechnische systemen.
- Natuurtechnische oeverbeschermingen nemen in het algemeen meer ruimte in beslag dan zuiver technische.
- Optimale werkzaamheid wordt bij natuurtechnische systemen pas na enkele jaren bereikt in tegenstelling tot de directe optimale werkzaamheid van dode systemen. Inerte materialen geven meteen een vooraf bekende, optimale bescherming.

- Bij het onderhoud van een natuurtechnisch systeem hoort ook het beheer van de vegetatie (b.v. riet maaien, wilgen snoeien).

Of natuurtechnische maatregelen goedkoper of duurder zijn dan zuiver technische is sterk afhankelijk van de betreffende situatie.

3.4. MATERIAALGEBRUIK EN MILIEU

Het materiaalgebruik bij de aanleg van oeverbeschermingen verdient een nadere beschouwing om redenen van waterkwaliteit en grondstoffenschaarste.

Het gebruik van tropische hardhoutsoorten, zoals azobé, heeft ontbossingen in de tropen met de bijbehorende effecten voor mens en milieu tot gevolg. Het gebruik van inlands of noord-europees naaldhout verdient, in verband met minder schadelijke gevolgen, de voorkeur.

Het naaldhout voor constructies wordt meestal verduurzaamd door middel van impregneermiddelen, zoals zouten of creosootolie.

De hiervoor gebruikte zouten zijn celcure-, bolide- en wolmanzouten. Deze zouten danken hun werking aan de zware metalen koper en chroom, terwijl bolide en wolmanzouten ook arseen als bestanddeel hebben. De uitloging van deze zouten dient geminimaliseerd te worden door een goede fixatie ervan in het hout. Dit is mogelijk door het geïmpregneerde hout enkele weken goed te laten drogen alvorens dit hout verwerkt gaat worden. De duurzaamheid van met zouten geïmpregneerd hout wijst in de richting van 25 jaar.

Creosootolie is een destillaat van steenkoolteer en bestaat uit een groot aantal giftige en minder giftige chemische stoffen. Het is een antistof voor bacteriën en schimmels. Met het verwerken komt deze olie vrij en komt in het oppervlaktewater terecht. Aanvankelijk zullen de in het water terecht gekomen hoge concentraties direct schade toebrengen aan de organismen, die zich in de nabijheid van het werk in het water bevinden. Na menging met het stromende water tot toelaatbare concentraties zal het giftige effect afnemen. Voor een gedeelte zijn deze nadelen van creosoot te voorkomen door met impregneren goed droog hout te gebruiken en het met creosoot behandelde hout enige maanden te laten liggen voor verwerking.

In welke hoeveelheden creosootolie in de natuur terecht komt uit het hout en in welke mate de zeer moeilijk af te breken stof creosoot af-

gebroken wordt, zijn nog open vragen. De duurzaamheid van gecreosoteerd hout is 35 jaar en langer. Wat er gebeurt met de verduurzamingsmiddelen in het milieu na het vergaan van het verduurzaamde hout is niet bekend. Een positief punt bij het gebruik van verduurzaamd hout is, dat er minder bossen gekapt hoeven te worden, omdat verduurzaamd hout langer meegaat dan onverduurzaamd hout (Chardon, 1984; v.d. Burgt, 1981).

Het gebruik van afvalstoffen zoals lood-, koper-, staal-, en fosforslakken heeft uitloging van giftige elementen tot gevolg. Uit proefnemingen is vast komen te staan dat lood- en koperslakken zelfs na langere tijd in water te hebben gelegen nog zware metalen afgeven.

Voor fosforslakken geldt dit in mindere mate eveneens, terwijl deze ook uraan en fluoride afstaan. (Dijkzeul, 1979; van Eck, 1984; Smits en Bril, 1984; Feenstra e.a., 1985). Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of fosforslakken verantwoord toegepast kunnen worden in stilstaande wateren.

Grind, natuursteen, beton en asfalt zijn bij toepassing in constructies niet schadelijk voor het milieu, omdat ze geen giftige stoffen afstaan. Het winnen van deze materialen brengt echter vaak wel schade toe aan landschap en milieu.

4. STANDPLAATSFACTOREN EN RANDVOORWAARDEN

4.1. INLEIDING

Uit het voorgaande is duidelijk geworden dat voor het aanleggen en behouden van natuurlijke of natuurtechnische oevers men allereerst bekend moet zijn met de standplaatsfactoren ter plaatse. Hierbij zijn zowel gemiddelde situaties belangrijk als extreme situaties. Daarnaast moet men bekend zijn met de abiotische randvoorwaarden van de te creëren oevervegetatie.
Pas dan kan men, met inachtneming van alle andere mogelijke eisen uit hoofde van andere functies van de betreffende oever, een ontwerp maken voor de aanplant en, indien noodzakelijk, voor de aanpassing van de standplaatsfactoren met behulp van technische middelen.
De belangrijkste standplaatsfactoren voor een oevervegetatie zijn (zie hoofdstuk 2):

- waterdiepte
- waterstandswisseling
- golfbeweging
- stroming
- substraat (bodem)
- wind (klimaat)
- licht
- oevervorm en taludhelling (geomorfologie)
- recreatie
- begrazing
- voedselverrijking, vervuiling (waterkwaliteit)
- beheer

In dit ingewikkelde samenspel van factoren, resulterend in een op elke plaats weer andere en op een bepaalde wijze gezoneerde oevervegetatie, kunnen echter een paar doorslaggevende en dus voor de ontwerppraktijk belangrijke standplaatsfactoren worden onderscheiden (zie par.2.2.5). Dit zijn de waterbeweging (waterstandswisseling, golfbeweging) en de geomorfologie (oevervorm en taludhelling). Deze bepalen in eerste instantie of er vestigings- en ontwikkelingsmogelijkheden zijn voor een oevervegetatie.

Bij het ontwerpen van een natuurtechnische oeverbescherming zijn dit dan ook de standplaatsfactoren die als eerste in aanmerking komen om met technische middelen aangepast te worden, indien de randvoorwaarden voor vestiging en/of handhaving van een oevervegetatie in onbeschermde toestand overschreden worden.

4.2. ZONERING OEVERVEGETATIE

Langs alle oevers is een karakteristieke zonatie van vegetatietypen te vinden aangepast aan de variaties in standplaats. Hieruit kan veel informatie worden verkregen over de mogelijkheden voor oevervegetaties. Wateren kunnen derhalve ook gekarakteriseerd worden door de combinatie of het ontbreken van zones en de samenstelling van de vegetatie (Seibert, 1967).
Er moet onderscheid worden gemaakt tussen stromende en stilstaande wateren, omdat de ecologie hiervan verschilt. De complete serie zones langs continentale wateren bestaat uit (Seibert, 1967; naar Bittmann, 1965):

1. aquatische plantenzone (fonteinkruidzone), permanent onder water. alleen in rustig, helder water.
2. rietzone, waarvan het lager gelegen deel ongeveer een half jaar permanent onder water staat.
3. zachthoutzone, alleen gedurende perioden met gemiddeld hoogwater overspoeld (meestal buiten het eigenlijke groeiseizoen).
4. hardhoutzone, alleen bij erg hoog water overspoeld.

N.B. De namen riet- en fonteinkruidzone zijn enigszins verwarrend. Deze namen duiden een groep planten aan en niet uitsluitend riet of fonteinkruid.

De zogenaamde waterstandsduurlijn van een bepaald water (al genoemd in par. 2.2.1.), waaruit men onder andere af kan lezen over welke tijdsduur een bepaalde waterstand wordt overschreden, of juist niet wordt bereikt, geeft een beeld van de mogelijke oevervegetatie.
Bittmann (1965) geeft op grond van de waterstandsduurlijn een oevervegetatieprofiel voor rivieren (zie fig. 17).

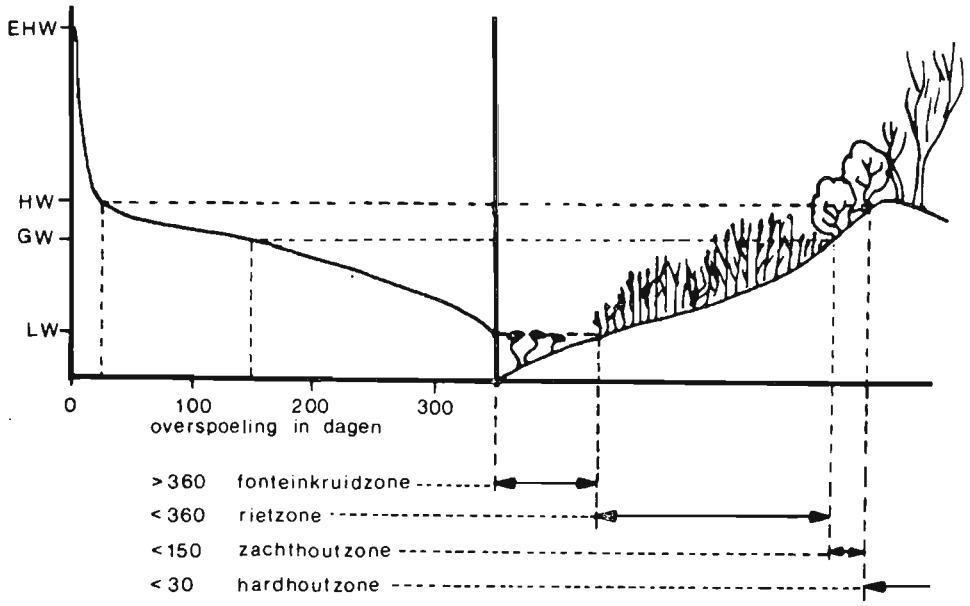


Fig. 17 *Waterstandsduurlijn en oevervegetatieprofiel (naar Bittmann, 1965).*

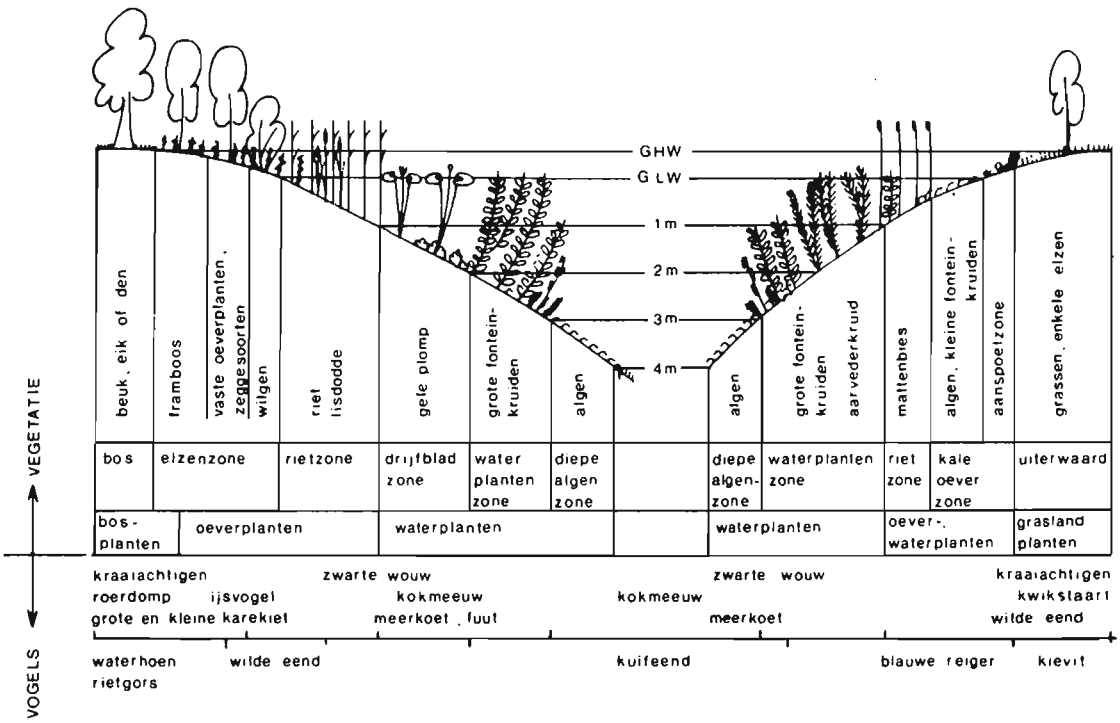


Fig. 18 *Schema van een vegetatiezonering langs grote, eutrofe meren met glooiiende oevers. Links een natuurlijke, in de luwte liggende oever; rechts een begraasde, op de wind geëxponeerde oever. (naar Schmidt (1974), uit Chardon (1984)).*

Een zonering toepasbaar op meren en langzaam stromende wateren is die volgens Steinberg (1977). Beginnend vanaf de landzijde:

- De rietzone; dit is de belangrijkste en grootste zone. In deze zone kunnen ook bomen zoals wilg en els aangetroffen worden.
- De drijvende waterplantenzone.
- De zone van de grote fonteinkruiden.
- De diepste zone, alleen in heldere meren (niet in Nederland), is de zone van kranswieren en bronmos.

Bij deze indeling wordt geen zone met hardhoutbomen onderscheiden. Steinberg neemt de oevervegetatie aan de landzijde minder breed dan Bittmann.

Een zonering die volgens Schmidt (1974) opgaat voor vlakke oevers van grote, eutrofe meren is vanaf de landzijde (zie fig. 18).

- Elzenzone. In deze zone komen stukken weide voor, evenals specifieke oeverstruiken en diverse zeggesoorten.
- Rietzone. Het riet domineert in deze zone. Aan de landzijde kan het voorkomen tot waar de oever 's zomers droogvalt. Aan de waterzijde kan het voorkomen tot een diepte van 1,5 tot 2 m (in Nederland tot 0,5 à 0,6 m).
- Drijvende waterplantenzone. Komt in grote meren alleen voor aan oevers die in de luwte liggen (in Nederland met overwegend noordwesten winden zijn dit oevers geëxponeerd op het (zuid-)oosten). Meestal is gele plomp (Nuphar lutea) overheersend.
- Ondergedoken waterplantenzone. Deze zone ligt meestal tegen de rietzone aan, behalve bij oevers die in de luwte liggen.
- Diepe algenzone. Komt alleen voor in helder water.

In figuur 19 is duidelijk de invloed van de oevervorm en taludhelling (en peilvariaties) te zien op de beschikbare ruimte voor een oevervegetatie. Een flauw oplopende oever geeft de beste mogelijkheden voor een goed ontwikkelde oevervegetatie met brede zones.

foto 16. Vegetatie-zonering: op de voorgrond mattenbies, daarachter riet (Beninger Slikken).

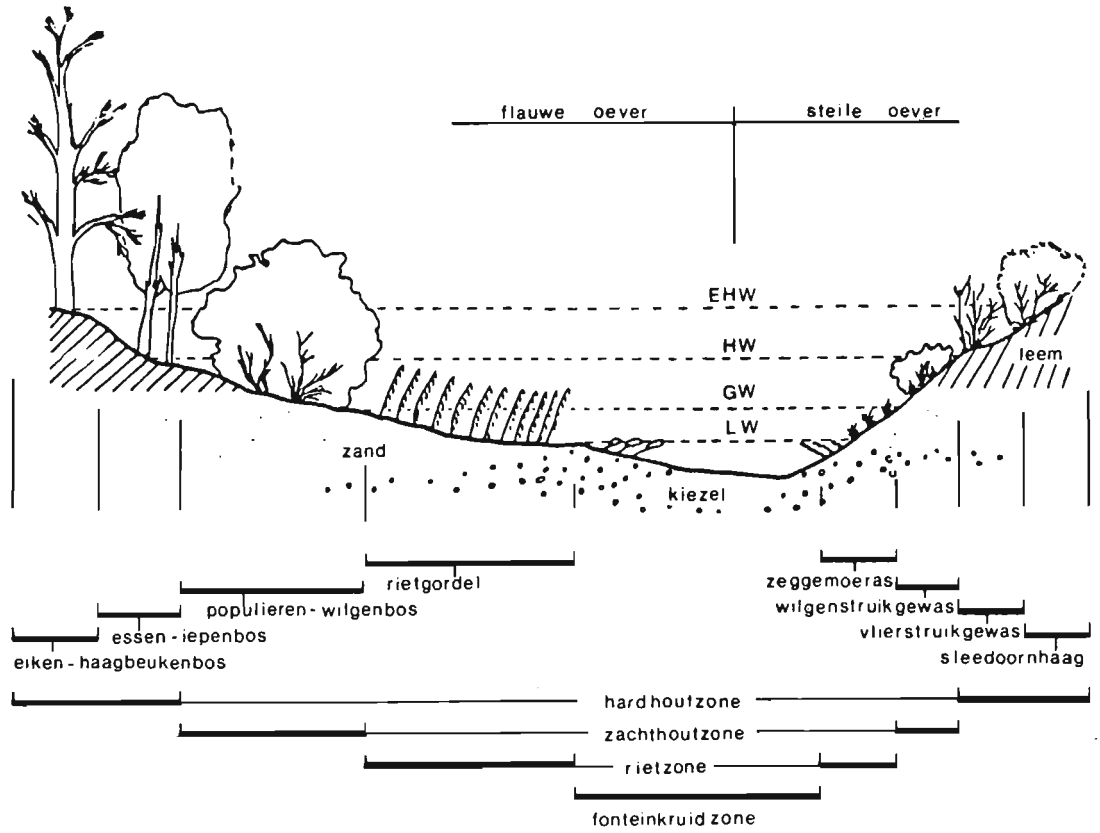


Fig. 19 *Zonering van de oevervegetatie langs een rivier. Invloed van de geomorfologie (naar Bittmann, 1965).*

4.3. BELANGRIJKE RANDVOORWAARDEN

De optredende golfslag vormt in Nederland langs oevers van drukbevaren en/of grotere wateren (strijklengte) vaak een beperkende factor voor een oevervegetatie. De oevererosie die optreedt als gevolg van de golfslag is in Nederland dan ook het voornaamste oeverbeschermingsprobleem.

Bittmann (1965) schrijft dat een eerste voorwaarde voor een oevervegetatie is, dat de voet van de vegetatie niet aan erosie onderhevig mag zijn. Is dit wel het geval dan zal met technische middelen de oever moeten worden vastgelegd of afdoende worden beschermd.

Ook als de bovengrondse delen van de vegetatie de golfaanval verdragen, kunnen door de waterbeweging de bodemdeeltjes tussen de wortels vandaan worden gespoeld, waardoor de planten losraken en de oever terugschrijdt. Het losgeraakte bodemmateriaal wordt met de retourstroom naar dieper water afgevoerd. Het resultaat langs sterk aangevallen oevers kan een oevererosie zijn met een terugschrijding van de oever van vele meters per jaar.

De voor erosie kwetsbare zones van de oeverstrook zijn de aangrijpingspunten van de waterspiegel (wisselend) en de knikken in het talud (Hagemeyer en Sessink, 1982).
Men kan stellen dat het vasthouden van de bodem op de kwetsbare plaatsen, direct door één of andere vorm van bodemvastlegging of indirect door een golfdempingsconstructie op de vooroever, de voornaamste leidraad bij het ontwerp is. Afhankelijk van de beschikbare ruimte kunnen oevervegetaties worden "ingebouwd".
Alleen langs niet bevaren kleine wateren en op niet geëxponeerde oevers van grotere wateren met een flauw oplopend talud zijn de standplaatsfactoren zodanig dat een oevervegetatie zich zonder technische hulpmiddelen kan handhaven. Langs nieuwe oevers kunnen de standplaatsfactoren zodanig zijn dat zich wel een oevervegetatie zou kunnen handhaven, maar zich niet of niet snel genoeg kan vestigen. De reden hiervan is dat de vestigingseisen veelal anders zijn en nauwer begrensd dan de handhavingseisen. In dat geval kan men kiezen voor aanleg van een tijdelijke technische bescherming voor de jonge aanplant.

4.4. PROBLEMEN IN DE PRAKTIJK

Het ontbreken van kwantitatieve gegevens over de hydraulische eigenschappen van planten, de randvoorwaarden van de standplaatsfactoren voor de planten, de erosiegevoeligheid van de verschillende soorten bewortelde bodems en het ingewikkelde samenspel van alle standplaatsfactoren onderling, maken het moeilijk gebruiksklare oplossingen te leveren.
De beste methode is om in het veld te gaan kijken en zich van de doorslaggevende standplaatsfactoren een beeld te vormen, eventueel (nog) aanwezige oevervegetaties in ogenschouw te nemen en met in acht neming van de te vervullen functies en aan de hand van elders opgedane ervaringen een oplossing zien te vinden. De volgende hoofdstukken zijn hiervoor een leidraad.

5. GESCHIKTE PLANTESOORTEN EN AANPLANTMETHODEN VOOR NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGEN

5.1. INLEIDING

Uitgaande van de natuurlijke standplaatsen van oeverplanten kunnen de voor de oeverbescherming in aanmerking komende plantesoorten bepaald worden. Zie bijlage 5.1, 5.2 en 5.5.
Daarnaast kunnen bepaalde eigenschappen van oeverplanten nader bepaald worden door experimenteel onderzoek. De erosiegevoeligheid en stroombestendigheid in relatie tot de substraatsoort is bijvoorbeeld door Haslam (1978) voor verschillende plantesoorten experimenteel bepaald. Zie bijlage 5.3 en 5.4.
Sessink en Hagemeyer (1982), Van Acht e.a. (1984) en Bonham (1983) hebben golfdempingsproeven gedaan in oevervegetaties. Sessink en Hagemeyer meten in een 6 m brede rietkraag in de Pishoek langs het Waardkanaal in de Wieringermeerpolder een golfdemping van 90%. De oeverhelling bedraagt ongeveer 1:15 (fig. 20). Zie ook Van Acht e.a. (1984).

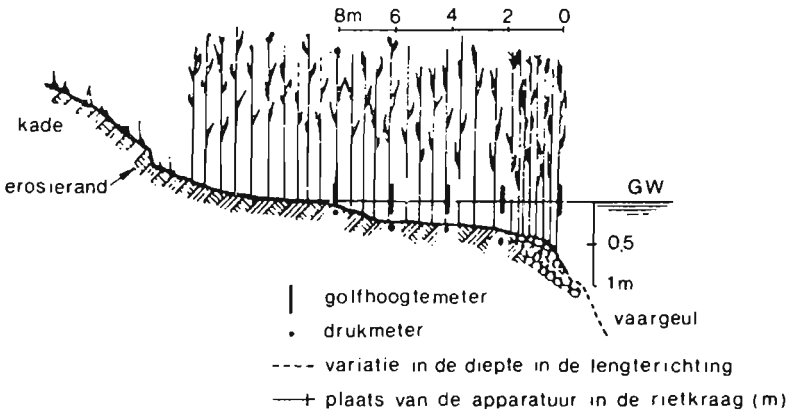


Fig. 20 Dwarsdoorsnede van de meetlocatie aan het Waardkanaal (uit: Van Acht e.a., 1984).

Bonham heeft de golfdemping van scheepvaartgolven in verschillende oevervegetaties langs de Thames bij Wallingford bepaald. De oevers

waar is gemeten hebben een gemiddelde helling van 1: 4. De resultaten zijn:

soort vegetatie	breedte	golfdemping
riet	2 m	60%
mattenbies	2,5 m	70%
kleine lisdodde	2,3 m	66%
kalmoes	2,4 m	75%

Een verslechterende waterkwaliteit (voedselverrijking en vervuiling) heeft ook belangrijke effecten op de samenstelling, vitaliteit en oeverbeschermende werking van oevervegetaties (zie 2.2.1.).
Het beheer van oevervegetaties speelt een belangrijke rol. Het tegengaan van het verlandingsproces in de rietzone is hierbij een belangrijk aspect (Hagemeyer en Sessink, 1982; Baart en Ross, 1984; Bakker, 1984).

Uit deze gegevens en uit de tot nu toe opgedane ervaringen met natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen, zoals beschreven in de literatuur, is een lijst opgesteld van de meest geschikte plantesoorten met daarbij vermeld hun (bekende) standplaatseisen en aanplantmethoden.
De lijst is ingedeeld naar de door Bittmann (1965) met behulp van de waterstandsduurlijn onderscheiden zonering: fonteinkruidzone, rietzone, zachthoutzone en hardhoutzone.
De belangrijkste voor deze lijst geraadpleegde literatuur is: Bittmann (1965), Seibert (1967), Buchwald e.a. (1969), DIN 19657 (1973), Kluwer (1974), Hütterott (1976), Pfeffer (1978) en Hagemeyer en Sessink (1982).

5.2. FONTEINKRUIDZONE.

Deze ondergedoken vegetatiezone bestaat uit planten die geheel zijn ondergedoken of drijvende bladeren hebben. Zij wortelen in de geleidelijke helling van de oever of in de bedding van ondiepe stromen. Hun belangrijkste behoeften zijn weinig stroming en golfslag en voldoende

licht (helder water). De aanplant is moeilijk en weinig geprobeerd, behalve die van de wortelstokken van waterlelie en gele plomp (planttijd herfst en winter).
Daar waar de standplaatsfactoren geschikt zijn en een rietzone aanwezig is komen ze vanzelf, doordat de vruchten en zaden door de in de rietzone levende dieren worden meegenomen.

Voor de waterkerende functie is deze zone niet van groot belang (enige stroom en golfdemping). Voor de natuurfunctie is deze zone echter een verrijking (zie 2.1.2.).

Soorten met drijvende bladeren.
Nymphea alba (waterlelie)
Nyphar lutea (gele plomp)
Nyphoides peltata (watergentiaan)

Gele plomp

Ondergedoken soorten
Callitriche sp. (sterrekroos)
Ceratophyllum sp. (hoornblad)
Elodea sp. (waterpest)
Myriophyllum sp. (vederkruid)
Potamogeton sp. (fonteinkruid)
Ranunculus sp. (waterranonkel)

Gedoornd hoornblad

(Zie voor een uitgebreidere opsomming van fonteinkruidzoneplanten bijlage 5.5).

5.3. RIETZONE

In deze zone komen - mede vanwege de ligging ten opzichte van de gemiddelde waterstand - de belangrijkste oeverbeschermende plantesoorten voor. Zij vergroten de erosiebestendigheid door middel van het door de gevormde netwerken van wortels, wortelstokken en uitlopers geleverde bodemvasthoudend vermogen. Het gedeelte van de zone dat zich constant onder water bevindt heeft de belangrijkste oeverbeschermende werking.

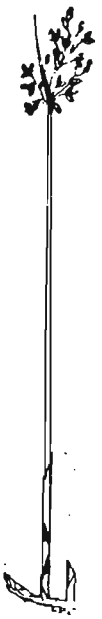
De aanplant kan op verschillende manieren gebeuren: d.m.v. zoden, rollen, wortelstokken, spruiten, halmen, zaailingen, zaad (zie 5.6. Aanplantmethoden). Hier volgen de belangrijkste soorten.

5.3.1. Geschikte rietzoneplanten

Phragmites australis (riet)

- zeer belangrijke soort: zeer goede golfdemping (ook in de winter), goed bodemvasthoudend vermogen (sterk vertakt en diep wortelend).
- op kleiige-slibrijke tot fijnzandige bodems en veen; matig tot zeer voedselrijk
- stagnant of langzaam stromend water zoet tot brak water (max. 7-10 g NaCl/ l bodemvocht)
- van op de oever (0,50 m boven waterpeil) tot 0,60 (woelig water)-1,00 m (rustig water) waterdiepte. (In warmere gebieden tot 2,00 m waterdiepte)
- invloed peilwisselingen: droogstand wordt goed verdragen. Langdurige extreme overstromingen (halmen onder water) worden slecht verdragen.
- aanplant: zoden, wortelstokken, spruiten, halmen
  net onder de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april; mei-midden juni (halmaanplant).

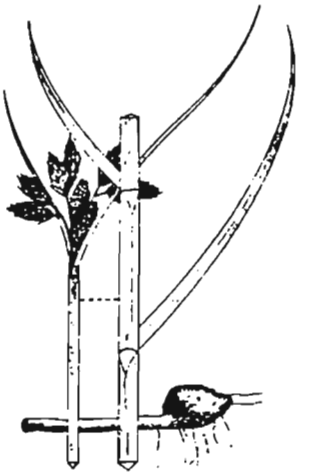
Scirpus lacustris (mattenbies)



- belangrijke soort: goede golfdemping en bodemvasthoudend vermogen. Bovengrondse delen sterven 's winters echter af.
- kleiige-slibrijke tot zandige klei en veenbodems; matig tot zeer voedselrijk water
- stagnant of langzaam stromend water
- zoet tot brak water

van 0,15 tot 1,00 m waterdiepte (rustig water). In warmere gebieden tot 1,80 à 2,00 m.
- invloed peilwisselingen: droogstand wordt alleen van november-april goed verdragen.
- aanplant: zoden, wortelstokken, spruiten
  net onder de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april.

Scirpus maritimus (zeebies)



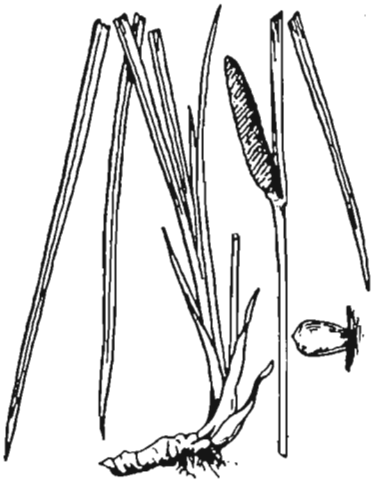
- op kleiige-slibrijke tot fijnzandige bodems
- brak tot zout water
- van op de oever tot 0,50 m waterdiepte (tot 1,50 m, waarschijnlijk in warmere gebieden)
- invloed peilwisselingen: niet beschreven, worden waarschijnlijk goed verdragen
- aanplant: zoden, worstelstokken, spruiten
  net onder de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april.

Typha latifolia/angustifolia (grote en kleine lisdodde)

links Grote lisdodde
rechts Kleine lisdodde

- horstgewijs ter verrijking van de rietkraag
- ook op zandige en minder voedselrijke bodems
- stagnant of langzaamstromend water
- zoet water
- van 0,10 - 1,00 m waterdiepte
- invloed peilwisselingen: niet beschreven
- aanplant: zoden, wortelstokken
  rond de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april.

Acorus calamus (kalmoes)

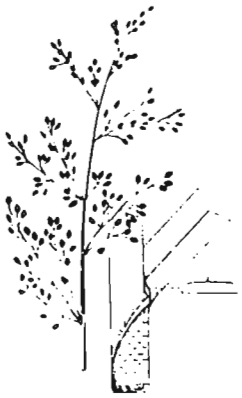


- beschermend voor steile oevers; gemeden door vee, ganzen en eenden; kan een hoge vervuilingsgraad weerstaan
- klei tot veen, liefst humeus; matige tot zeer voedselrijke grond
- stagnant tot langzaam stromend water
- zoet water
- tot 0,30 m waterdiepte
- invloed peilwisselingen: niet beschreven
- aanplant: zoden, wortelstokken
  rond de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april.

Iris pseudacorus (gele lis)

- als oeverbescherming in gestuwde wateren toegepast; horstgewijs ter verrijking van de rietkraag
- op kleiige-slibrijke tot zandige, voedselrijke bodems
- stagnant tot langzaam stromend water
- zoet water
- tot 0,30 m waterdiepte
- invloed peilwisselingen: plant van de wisselwaterzone; verder niet beschreven
- aanplant: zoden, wortelstokken
  rond de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april.

Glyceria maxima (liesgras)



- alleen op stevig substraat beschermend; wordt op de meest vervuilde (eutrofe) plaatsen aangetroffen
- op kleiige-slibrijke, voedselrijke bodems
- stilstaand tot langzaamstromend water
- zoet water
- tot 0,30 m waterdiepte
- invloed peilwisselingen: verdraagt overstroming goed, uitdroging slecht
- aanplant: zoden,worstelstokken, halmen, inzaai
  rond de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april.

Carex acuta (scherpe zegge)

- zeer belangrijk; uitstekend voor oever bescherming in wisselwaterzones en stuwmeren; gemeden door vee
- op kleiig-slibrijke tot slibrijke bodems, ook op grintrijke, stenige bodems; voedselrijke bodem
- stilstaand tot langzaamstromend water
- zoet tot zwak brak water
- tot 0.30 m waterdiepte
- invloed peilwisselingen: verdraagt wisselende waterstanden goed
- aanplant: zoden, wortelstokken
  rond de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: hele jaar, mei-juli het beste.

Carex acutiformis (moeraszegge)

- geschikt voor oeverbescherming aan stuwmeren
- humeuse klei tot veen; voedselrijke, gewoonlijk kalkrijke bodem

- stagnant tot langzaam stromend water
- zoet tot zwak brak water
- tot 0,20 - 0,50 m waterdiepte
- invloed peilwisselingen: verdraagt wisselende waterstanden goed
- aanplant: zoden, wortelstokken
  rond de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: hele jaar, mei - juli het beste

Carex riparia (oeverzegge)
- toegepast bij beken en rivieren
- voedselrijke bodem
  zie verder C. acutiformis

Opmerkingen:
- zie voor een uitgebreidere beschrijving van meeste van genoemde soorten Hagemeyer en Sessink (1982) en Kluwer (1974) (riet en mattenbies).
- zie voor een uitgebreidere opsomming van rietzoneplanten bijlage 5.5.
- een kwantificering van het begrip langzaamstromend is alleen gevonden in Kleine (1969), waar voor de toepassing van rietzoneplanten een stromingsbereik van 0,30 - 0,70 m/sec wordt gegeven. En dat, behalve voor rietgras (zie zachthoutzone), stroomsnelheden groter dan 0,80 m/sec. ongunstig zijn.

5.3.2. Beheer

De rietzone is de zone waar zich het verlandingsproces afspeelt. Een belangrijke soort in dit proces is riet. Door bezinking van slib en organisch materiaal tussen de in het water staande stengels wordt de standplaats geleidelijk hoger en droger. De snelheid waarmee dit gebeurt is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid slib en organisch materiaal dat met de waterstroom wordt meegevoerd, de hoeveelheid afgestorven delen van riet(zone)planten en de hoeveelheid organisch materiaal dat op andere wijze in de rietkraag terechtkomt, bijvoorbeeld door bladval, klepelen en maaien zonder afvoeren.

Hierdoor krijgt een aantal minder vochttolerante soorten de kans zich te vestigen, zoals harig wilgeroosje, rietgras, engelwortel en haagwinde. Bij voortgaande verlanding kan ook de wilg zich vestigen. Indien door een te grote waterdiepte de rietzone zich niet waterwaarts kan uitbreiden zal de zone steeds smaller worden en uiteindelijk vrijwel verdwijnen. Hierdoor neemt de oeverbeschermende werking van de oevervegetatie sterk af.

Door goed onderhoud kan worden voorkomen dat de verlanding te ver doorzet. Door Baart en Ross (1984) zijn drie vormen van onderhoud voor een rietkraag vergeleken: maaien en afvoeren; maaien, afvoeren en uitkrabben; branden.

Uitkrabben heeft lang stevig riet tot gevolg. de totale produktie neemt waarschijnlijk toe en de dichtheid zal als gevolg van het breken van de wortelstokken waarschijnlijk toenemen. Dit verhoogt de golfdempende werking. Bij te frequent of onvoorzichtig uitkrabben is het risico aanwezig dat juist zwakke plekken beschadigd worden.

Maaien is een goede manier van onderhoud op voorwaarde dat het maaisel wordt afgevoerd. Dit om verlanding en eventuele aantasting door stengelboorders zoveel mogelijk tegen te gaan. Bij wisselende peilen moet men ervoor oppassen het riet niet onder de waterspiegel af te maaien, omdat dit op den duur het riet doodt door de verbroken zuurstoftoevoer naar de wortels.

Branden is een geschikte methode voor plaatsen die moeilijk met machines te bereiken zijn en voor rietkragen waar veel aantasting is door wortel- of stengelboorders. Hierbij is het aan te raden deelsgewijs te branden om dieren de kans te geven een goed heenkomen te zoeken.

Klepelen is niet in het onderzoek meegenomen, omdat uit waarnemingen elders bleek dat deze methode bijzonder ongunstige effecten heeft. Deze methode werkt verruiging in de hand doordat het geklepelde materiaal niet wordt afgevoerd.

In het onderzoek is de natuurwaarde van de rietkraag niet aan de orde geweest. Door de auteurs wordt gesteld dat het toekomstig onderzoek zich eveneens zal moeten richten op onderzoeksmethoden waarbij de oeverbeschermende functie en de natuurwaarde geïntegreerd worden.

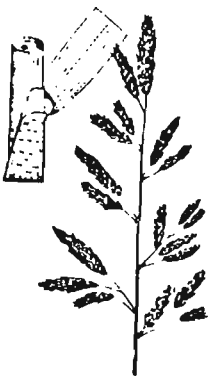
5.4. ZACHTHOUTZONE

Deze zone is voornamelijk opgebouwd uit bomen en struiken waarvan de dominante soorten de wilgen en de elzen zijn. Zij hebben een oeverbeschermende werking bij hogere waterstanden en behoeden het talud met hun wortelstelsel tegen afschuiven. Wanneer de bodem onder de bewortelde laag wordt geërodeerd, kunnen de bomen omvallen. Struiken, die dit overkomt, kunnen zich vaak nog wel handhaven. Alle zachthoutsoorten hebben evenals de rietsoorten een groot regeneratie vermogen.
De beschermende werking van grasgezelschappen, die ook in de zachthoutzone toegepast kunnen worden, berust in de eerste plaats op de intensieve doorworteling van de bovenste 5 tot 10 cm van de oeverbodem.
De aanplant kan op verschillende manieren gebeuren: stekken, jonge bomen/struiken, kraagstukken, vlechttuinen, takkenbossen (zie Aanplantmethoden).

5.4.1. Geschikte zachthoutzoneplanten

Hier volgen de voornaamste soorten:

Phalaris arundinacea (rietgras)



- toegepast als oeverbescherming in scheepvaartrijke wateren
- op kleiige, zandige, grind en venige bodems
- prefereert stromend, zuurstofrijk water. In Nederland op plaatsen waar de bodem aan sterk wisselende invloeden is blootgesteld.
- zoet water
- tot 0,20 m waterdiepte
- invloed peilwisselingen: plant van de wisselwaterzone, tolereert geen permanente overstroming
- aanplant: zoden, wortelstokken, halmen, inzaai
  net boven de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april

Alnus glutinosa (zwarte els)

- zeer goede oeverbeschermende eigenschappen (ook op steile oevers) door een sterk vertikaal gericht en intensief wortelstelsel
- op klei en zand bodems
- stagnant en stromend water
- zoet water
- invloed peilwisselingen: in de vegetatieperiode worden langdurige (>3 dagen) overstromingen slecht verdragen
- aanplant: stekken met wortels
  vanaf 0,5 m boven de gemiddelde zomerwaterstand
  planttijd: maart/april

Salix sp. (wilgen)

- vooral de struikwilgen hebben een goede oeverbeschermende werking door eigenschappen als grote buigzaamheid, grote groeisnelheid en de vorming van adventief wortels.
- op uiteenlopende bodemsoorten afhankelijk van de soort
- stagnant en stromend water
- zoet water
- invloed peilwisselingen: in de vegetatieperiode worden langdurige (> 3 dagen) overstromingen slecht verdragen
- aanplant: als takken, stekken, stammetjes in de grond gezet; als kraagstukken, vlechttuinen en takkenbossen
  vanaf net boven de gemiddelde zomerwaterstand

Belangrijke struikvormige soorten zijn: Salix purpurea (bittere wilg), Salix triandra (amandelwilg), Salix viminalis (katwilg).
Boomvormige soorten zijn: Salix alba (schietwilg) en Salix fragilis (kraakwilg).

Andere soorten die in de zachthoutzone voorkomen zijn o.a: Populus nigra (zwarte populier), Populus alba (witte abeel), Populus canescens (grauwe abeel), Alnus incana (grauwe els) en Rubus caesius (dauwbraam). Zie voor een vollediger opsomming van zachthoutzone-soorten, waaronder ook vele kruiden, bijlage 5.5.

5.4.2. Beheer

Bij de stromende wateren moet er voor worden gezorgd dat de oeverbegroeiing een ononderbroken lijn vormt op die plaatsen die bij hoge waterstanden worden aangevallen. Dit om uitschurende kolken te voorkomen. Hierom moeten ook de bomen omgeven zijn met struiken, welke ze tevens tegen ijsschade beschermen.
Struikgewas heeft de beste oeverbeschermende werking. Hiervoor moeten de juiste soorten worden aangeplant en een juist beheer gevoerd worden (terugkap om de 2-5 jaar, zie fig. 21).

Fig. 21 *Terugsnoeien van struiken en hakhout (Lewis en Williams, 1984).*

5.5. HARDHOUTZONE

De hardhoutzone is minder belangrijk voor de oeverbescherming, omdat deze zone minder vaak wordt overstroomd.
De bomen in deze zone kunnen echter het voorkomen van de planten in de andere zone beïnvloeden, vooral door hun schaduwwerking.

Een aantal boom- en struiksoorten uit de hardhoutzone zijn:

Fraxinus excelsior (es)
Ulmus laevis (steeliep)
Quercus robus (zomereik)
Crataegus monogyna (eenstijlige meidoorn)
Prunus spinosa (sleedoorn)
Aces campestre (spaanse aak)

Crataegus monogyna

Voor een vollediger opsomming van hardhoutzone-soorten (incl. kruiden) wordt verwezen naar bijlage 5.5.

Bij aanleg van een hardhoutzone dient de soortkeuze van de aan te planten bomen en struiken aan te sluiten bij de vegetatie die van nature in het landschap aanwezig is of zou kunnen zijn.
De aanplant dient bij voorkeur uit ca. 40% bomen en ca. 60% struiken te bestaan. Waarbij de struiken als ommanteling van de verschillende boomgroepen dienen te worden aangeplant (Pfeffer, 1978).

5.6. AANPLANTMETHODEN

Alleen de aanplantmethoden voor rietzone- en zachthoutzone-soorten worden beschreven, omdat deze voornamelijk voor de oeverbescherming worden toegepast.
De gegevens zijn ontleend aan Hagemeyer en Sessink (1982), Chardon (1984), Schlüter (1971), Bittmann (1953 en 1965), Schiechtl (1973) en Tutein Nolthenius en Vroom (1979).

5.6.1. Rietzoneplanten

De verschillende toegepaste methoden worden achtereenvolgens behandeld.

Kluitaanplant

De kluiten (stukken, zoden) met een maximale doorsnede van 30 cm worden gewonnen uit riet-, biezen- of zeggenvelden. Dit kan het best gebeuren in het winterseizoen en nadat gemaaid is. Bij het transport en/of opslag moet beschadiging en uitdroging van de jonge spruiten worden voorkomen.

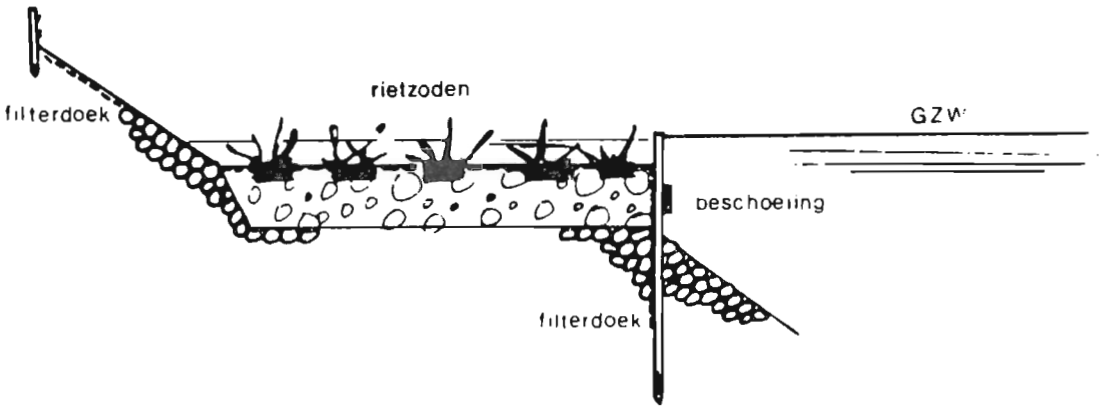


Fig. 22 *Kluitaanplant in plasberm (Hagemeijer en Sessink, 1982).*

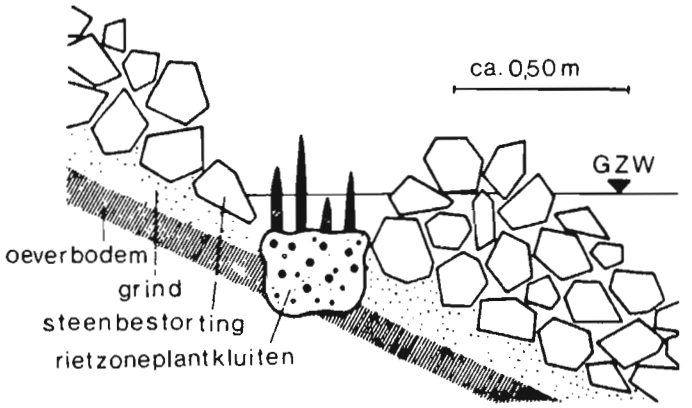


Fig. 23 *Kluitaanplant in steenbestorting (Schlüter, 1971).*

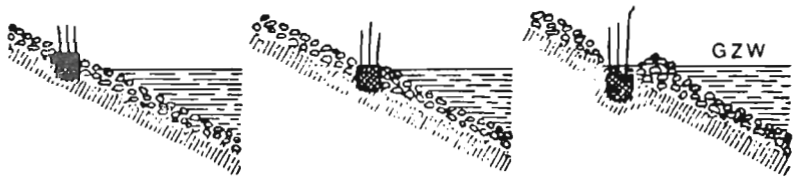


Fig. 24 *Kluitaanplant in een steenbestorting en op verschillende hoogten ten opzichte van de gemiddelde zomerwaterstand (naar Bittman, 1965).*

Afhankelijk van de soort worden de kluiten net onder of net boven de gemiddelde zomerwaterstand in de oever aangeplant in greppels of kuilen. Als maximale onderlinge afstand wordt 50 cm aangehouden.
De gunstigste planttijd is het voorjaar na het terugzakken van de voorjaarshoogwaterstand (maart-april).
Kluitaanplant kan gecombineerd worden met de toepassing van harde materialen, zoals steenbestorting. Een voorwaarde is wel dat de wortels contact kunnen houden met de oeverbodem.

Spruitaanplant

Hierbij worden jonge spruiten met wortels met de hand gewonnen of uit zaad gekweekt (Tutein Nolthenius en Vroom, 1979).
De aanplant geschiedt op een onderlinge afstand van 20-50 cm, vertikaal of scheef, met het bovenste deel van de spruit boven de gemiddelde zomerwaterstand en de bovenste uitlopertop boven het bodemoppervlak.
Verder: zie kluitaanplant.

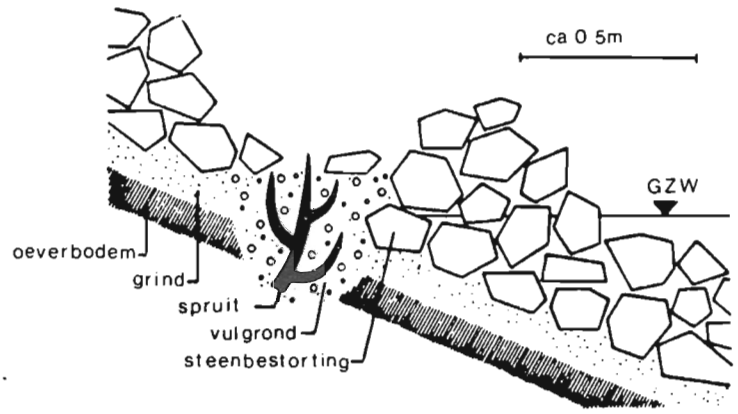


Fig. 25 *Spruitaanplant in steenbestorting.*

Wortelstokaanplant

Horizontaal groeiende wortelstokken, bestaande uit minstens één ononderbroken internodium (gedeelte tussen twee knopen) worden met de hand of machinaal gewonnen. Opslag en transport dient in een vochtige schaduwrijke ruimte te geschieden. Opslag voor langere tijd kan het best in een koele, donkere en vochtige ruimte (koelcel).

De wortelstokken worden ongesorteerd in een 20 à 30 diepe greppel gelegd, die met grond, zand of grind wordt opgevuld. De greppels kunnen, in verband met een voldoende zuurstofvoorziening van de wortels, het best met de onderkant ter hoogte van de gemiddelde zomerwaterstand worden aangelegd. Rietwortelstokken kunnen ook net onder water geplant worden.
Verder: zie kluitaanplant.

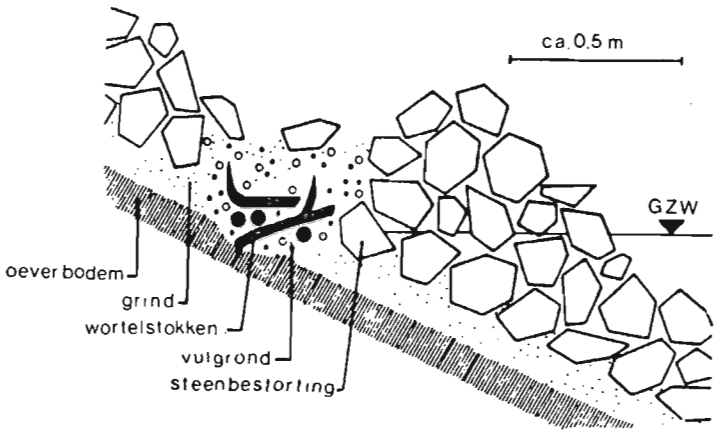


Fig. 26 Wortelstokaanplant in steenbestorting.

Halmaanplant

Deze methode kan worden toegepast met riet, liesgras en rietgras. Meestal wordt riet toegepast. De werkwijze berust op de vorming van adventief wortels aan de halmknopen.
De halmen worden gewonnen door jonge bladarme (max. 5 bladeren), krachtige, ongeveer 80 à 100 cm lange halmen dicht onder het bodemoppervlak af te steken.
Transport moet gebundeld en afgedekt plaatsvinden om beschadigen en uitdrogen te voorkomen.
Met behulp van een plantgatboorder worden de halmen met 3-5 stuks tegelijk op een afstand van 25-50 cm uit elkaar in één of meerdere rijen geplant. Het is hierbij gunstig gebleken de halmen scheef in te planten, zodat ze bijna langs de oeverhelling liggen. Het gevaar van knakken van de halm door golfslag en wind wordt daardoor verhinderd.
De halmen worden in enkeldiep water, ongeveer 10-15 cm onder het gemiddelde zomerwaterpeil, geplant. De win- en planttijd is kort: van

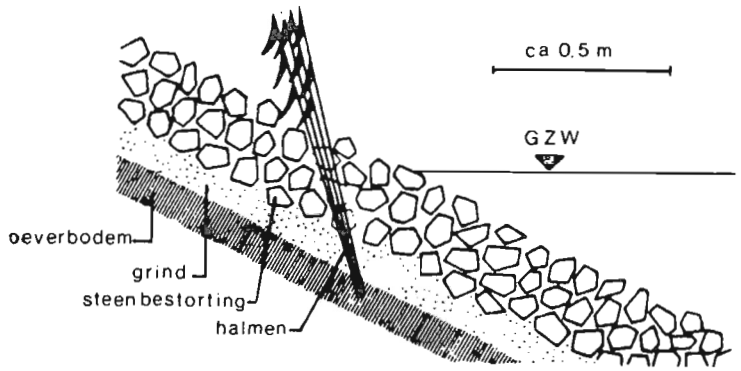


Fig. 27 *Halminplant in lichte steenbestorting (Schlüter, 1971).*

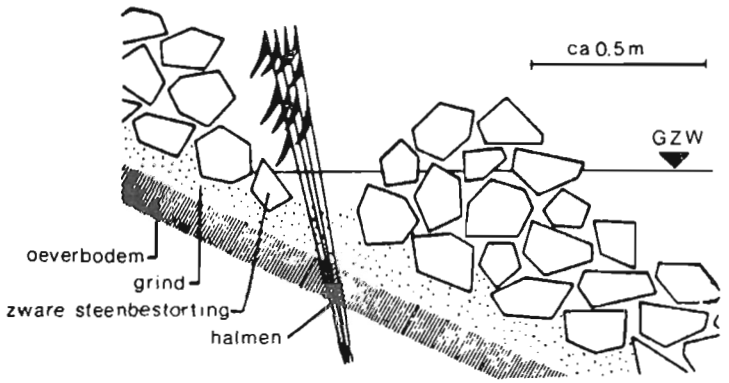


Fig. 28 *Halminplant in zware steenbestorting (Schlüter, 1971).*

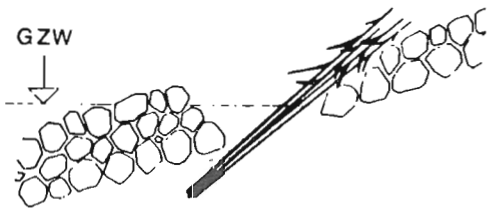


Fig. 29 *Scheve halminplant (Schiechtl, 1973).*

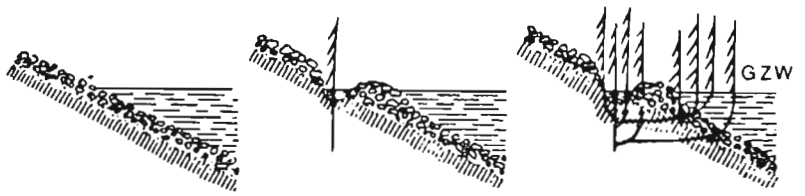


Fig. 30 *Halmontwikkeling na aanplant (Bittmann, 1965).*

begin mei tot midden juni. Ook hier is combinatie met harde materialen mogelijk.

Horizontale halmaanplant

Horizontale halmaanplant is alleen met riet mogelijk. Hiertoe worden tot 200 cm lange halmen loodrecht op de oeverlijn horizontaal of licht scheefhellend ingegraven. Daarbij dient de halm in fijn korrelig sub straat 10 à 20 cm en in grofkorrelig substraat tot ongeveer 30 cm onder het bodemoppervlak te liggen. De halmtop moet met minstens 3 à 4 bladeren uit de bodem steken. Uit oogpunt van een toereikende watervoorziening dienen de halmuiteinden iets ónder het gemiddelde zomerpeil te liggen.
De halmen ontwikkelen in korte tijd een groot aantal dochterhalmen, maar vormen in eerste instantie nog geen goede oeverbescherming. Het is vooral een bruikbare methode om kale stukken van een vlakke oever die van tijd tot tijd droogvalt snel te laten begroeien.

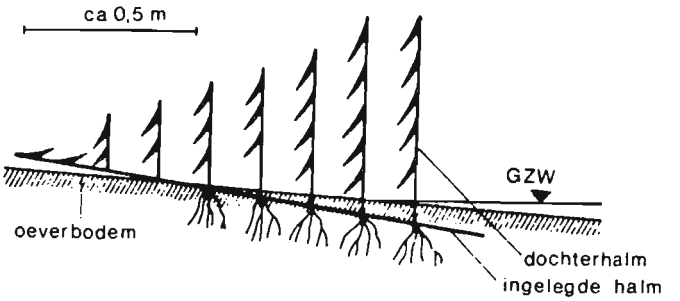


Fig. 31 *Horizontale halmaanplant (Schlüter, 1971).*

Rietrol

Rietrollen worden toegepast ter hoogte van de gemiddelde zomerwaterstand ter directe bescherming tegen stroming en golfslag. Als levend bouwmateriaal gebruikt men vooral kluiten van riet, mattenbies en liesgras.
Ter hoogte van het gemiddelde zomerpeil worden ongeveer 100 cm lange palen op een afstand van 100 tot 150 cm zó diep ingeslagen, dat ze nog 20 tot 30 cm boven de waterspiegel uitsteken. Achter de palenrij wordt

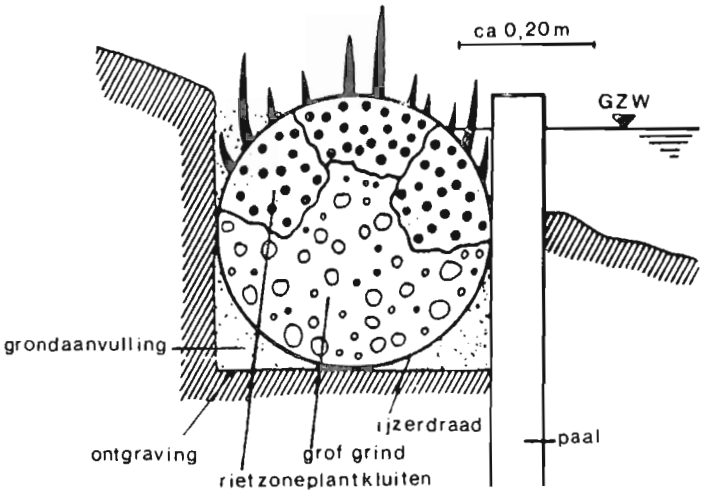


Fig. 32 *De riet(zoneplant)rol (Schlüter, 1971).*

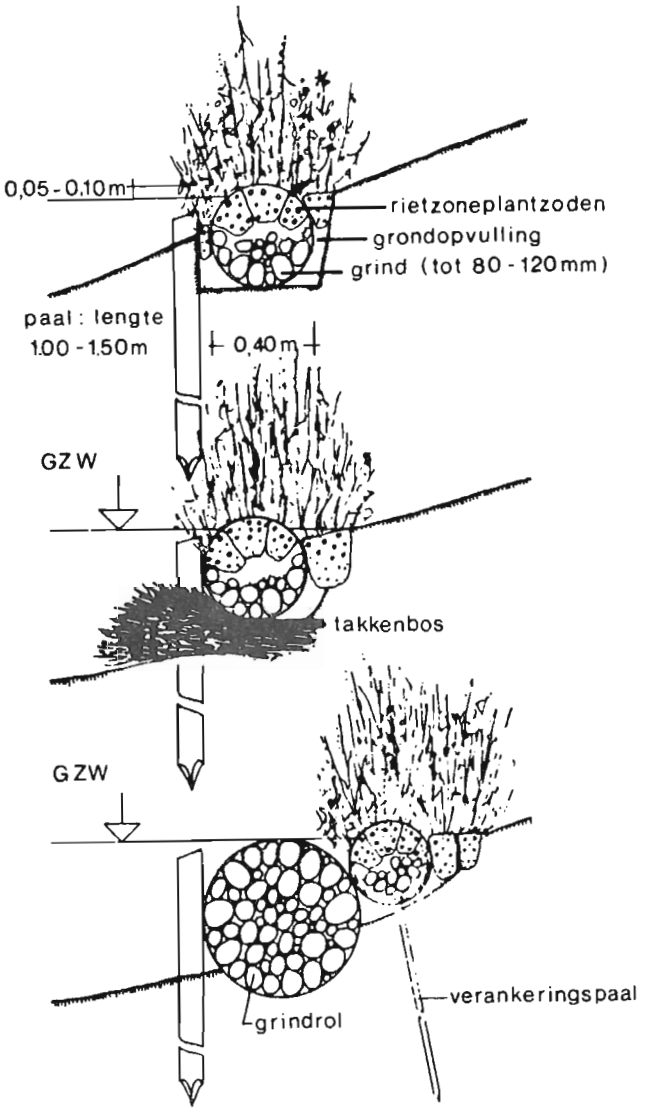


Fig. 33 *Enkele toepassingen van riet(zoneplant)rollen langs kleine wateren (Schiechtl, 1973).*

een 40 cm diepe en brede greppel gegraven, waarin aan de randen planken worden gezet. Tussen de planken worden netten (van b.v. kippegaas) uitgerold, welke worden gevuld met grof grind, rietzoderesten, graafmateriaal enz. Het vulmateriaal wordt met plantkluiten van rietzoneplanten bedekt zó dat de netten stevig dichtgetrokken kunnen worden met draad. Als het gereed is moet de rietrol ongeveer 5 à 7 cm boven het water uitsteken. Dan worden de planken eruitgenomen en de greppels verder opgevuld. De palen worden tot aan de hoogte van de rietrol verder ingeslagen.
De gunstigste aanlegtijd is maart/april.

Inzaai

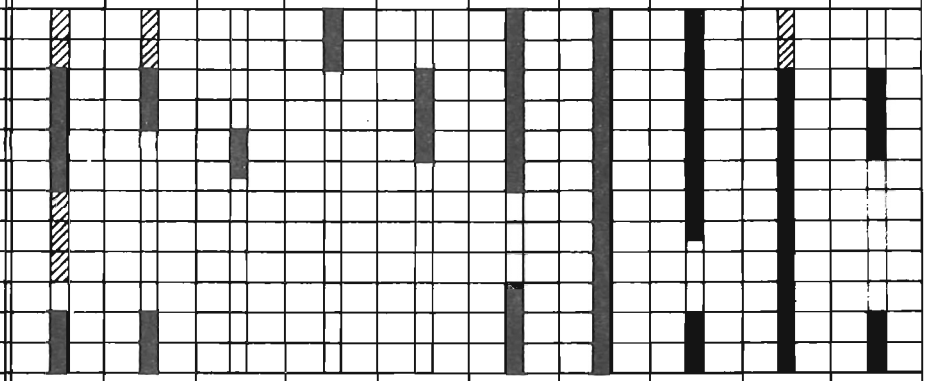
Inzaai van riet, liesgras en rietgras is alleen mogelijk op vochtige bodems die de eerste 6 maanden na inzaai niet overspoeld worden. De kieming van riet is aan nauw begrensde omstandigheden gebonden (zie Tutein Nolthenius en Vroom, 1979). Inzaai op de plaats zelf zal hierdoor vaak niet succesvol zijn. Rietzaad kan het best bij (droog) vriezend weer in januari-februari verzameld worden door de pluimen te oogsten.

Opmerkingen

Men moet zich er goed rekenschap van geven dat de vermelde aanplantmethoden pas na minstens 2 vegetatieperioden een goede oeverbeschermende vegetatie opleveren. Eventueel kan de aanplant bemest worden.

Volgens Bittmann (1953) bepalen vooral helling en bodem de geschiktheid van de te kiezen methode. Bij fijnkorrelige vlakke bodem is halmaanplant het geschiktst, omdat ze als goedkoopste methode het snelst tot rietvorming leidt. Bij grofkorrelige tot stevige bodems en steile oevers zijn daarentegen kluit- en spruitaanplant geschikter, omdat deze tegenover de ongunstige standplaats meer weerstand kunnen bieden. Bodemverbetering is dan noodzakelijk. Bij grofkorrelige vlakke of fijnkorrelige steile oevers kunnen de planttechnisch lichtere technieken toegepast worden (halmen, zaaien). Naast de standplaatsfactoren bepalen ook de kosten de te kiezen methode. Deze bestaan uit uitgaven voor plantgoed, transport, bodemarbeid en planten (zie bijlage 5.6.).

Over de hoogte van deze kosten kunnen geen bindende opgaven worden gedaan, omdat hiertoe praktische ervaringen van meerdere jaren nodig zijn, die alleen door de met oeverbescherming vertrouwde diensten verzameld kunnen worden. Naar ervaring blijkt de halmaanplant het goedkoopst, gevolgd door uitzaai aan de oever, jonge plantjes uitzetten, spruitaanplant, terwijl kluitaanplant het duurst is.

soort		riet	riet	riet	riet	riet	riet	riet	matten-bies	rietgras	liesgras
techniek		kluiten	spruiten	halm	zaadoogst	inzaai	jonge planten	zoden	kluiten	kluiten	kluiten
aanlegtijd mogelijk gunstig	jan										
	feb										
	mrt										
	apr										
	mei										
	jun										
	jul										
	aug										
	sept										
	okt										
	nov										
	dec										
winkosten		hoog	gemid	laag			gemid	laag	hoog	hoog	hoog
transportkosten		hoog	laag	laag			gemid	hoog	gemid	gemid	gemid
geschiktheid voor opslag		goed	goed	10 dagen			slecht	onbe-perkt	beperkt	geen	beperkt
plantmogelijkheid		matig	goed	zeer goed			goed	zeer goed	matig	matig	matig
ontwikkelingstempo		vold.	goed	zeer goed			goed	zeer goed	zeer goed	goed	vold
ontwikkelingstijd in maanden		8	8	12			8	0	4	5	5
oeverbescherming		zeer goed	zeer goed	zeer goed			zeer goed	zeer goed	matig	matig	matig
droge aanplant		mogelijk	mogelijk	niet mogelijk			beperkt	beperkt	beperkt	beperkt	niet mogelijk
opmerkingen			fijne grond		pluimen bij droog weer verzamelen	nauw begrensde omstandigheden	fijne grond	alleen in stilstaand water			

Tabel 2. Eigenschappen en aanplanttijd van enkele rietzoneplanten of delen daarvan (volgens Linke en Meisner, 1969).

Aanplanttijd

In het algemeen kan het winnen en aanplanten van vegetatiemateriaal het best geschieden tijdens de natuurlijke rustperiode van de planten. Ongeveer vanaf oktober/november tot en met maart/april.
Hele planten kunnen echter, wanneer men de nodige voorzichtheid in acht neemt (beschadiging, uitdroging), het hele jaar door verplant worden.

Bij het gebruik van delen van planten (zoals wortelstokken, halmen) is de win- en aanplanttijd beperkter, omdat deze delen alleen gedurende een bepaalde periode de groeikracht bezitten om uit te lopen en aan te slaan.
In tabel 2 is, naast andere eigenschappen, de aanplanttijd volgens Linke en Meisner (1969) van enkele rietzoneplanten of delen daarvan nog eens vermeld.

5.6.2. Zachthoutzoneplanten

Zachthoutzonesoorten (met name wilgen) kunnen op velerlei manieren worden aangewend: als losse takken, stekken, stammetjes, op verschillende manieren bij elkaar gebonden tot bossen of takkenrollen, als kraagstuk en als betuining.

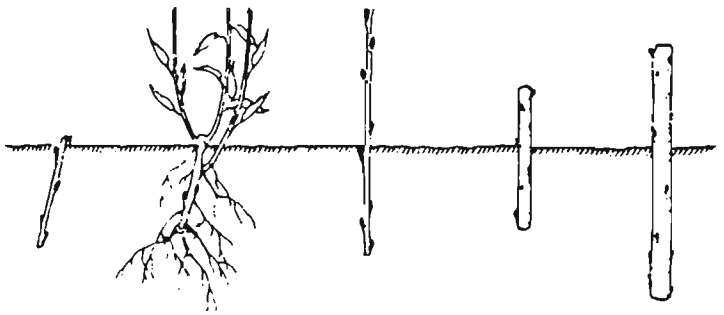


Fig. 34 Wilgenplantgoed (Bittmann, 1965).

Kraagstuk

Afgezien van sterk wortelvormende hybriden (bastaarden) komen vooral takken van de volgende soorten in aanmerking:

			hoogte
Geoorde wilg	-	Salix aurita	(0,60 - 3,00 m)
Grauwe wilg	-	Salix cinerea	(2,00 - 6,00 m)
Grijze wilg	-	Salix elaeagnos	(2,00 -10,00 m)
Laurierwilg	-	Salix pentendra	(1,50 -12,00 m)
Bittere wilg	-	Salix purpurea	(0,90 - 3,00 m)
Amandelwilg	-	Salix triandra	(1,50 - 4,00 m)
Katwilg	-	Salix viminalis	(1,50 - 4,00 m)

Eerst wordt de helling vlak gemaakt. Dan worden 40 à 60 cm lange houten paaltjes tot 2/3 van hun lengte in de bodem geslagen. De afstand tussen de paaltjes richt zich naar helling, bodem en soort water en ligt tussen de 70 en 120 cm in. Het aantal rijen en de afstand tussen de rijen zijn afhankelijk van de lengte der wilgetakken en het aantal lagen (zie fig. 35).

Bij één laag takken zijn in de regel twee paaltjesrijen voldoende; bij meerdere lagen zijn minstens drie rijen noodzakelijk. Tussen de paaltjesrijen worden wilgetakken van ongeveer 100 à 200 cm lengte dicht naast elkaar gelegd (max. 3 à 5 cm afstand), loodrecht op de oeverlijn.

Wanneer er gebrek is aan levend materiaal kan (al naar gelang de kracht van het water) tot 75% aan dood tak- en twijgmateriaal worden toegevoegd. Vooral bij korte wilgetakken is het beter om 2 of meer lagen over elkaar te leggen. In dit geval moet men er op letten, dat de taktoppen van de onderste laag die van de bovenste laag 30 cm overdekken. De bovenste laag kan in de bodem worden gestoken met de uiteinden of in vlakke rillen worden gelegd. De takuiteinden van de onderste laag moet circa 30 cm onder het gemiddelde zomerpeil liggen. Deze uiteinden kunnen op verschillende manieren worden bevestigd (zie figuur 35):

a. In de bodem steken of in greppels die men opvult.
b. Idem en de greppel vullen met rietkluiten.
c. Idem en de greppel vullen met "netzinkrollen" (net gevuld met zwaar materiaal).

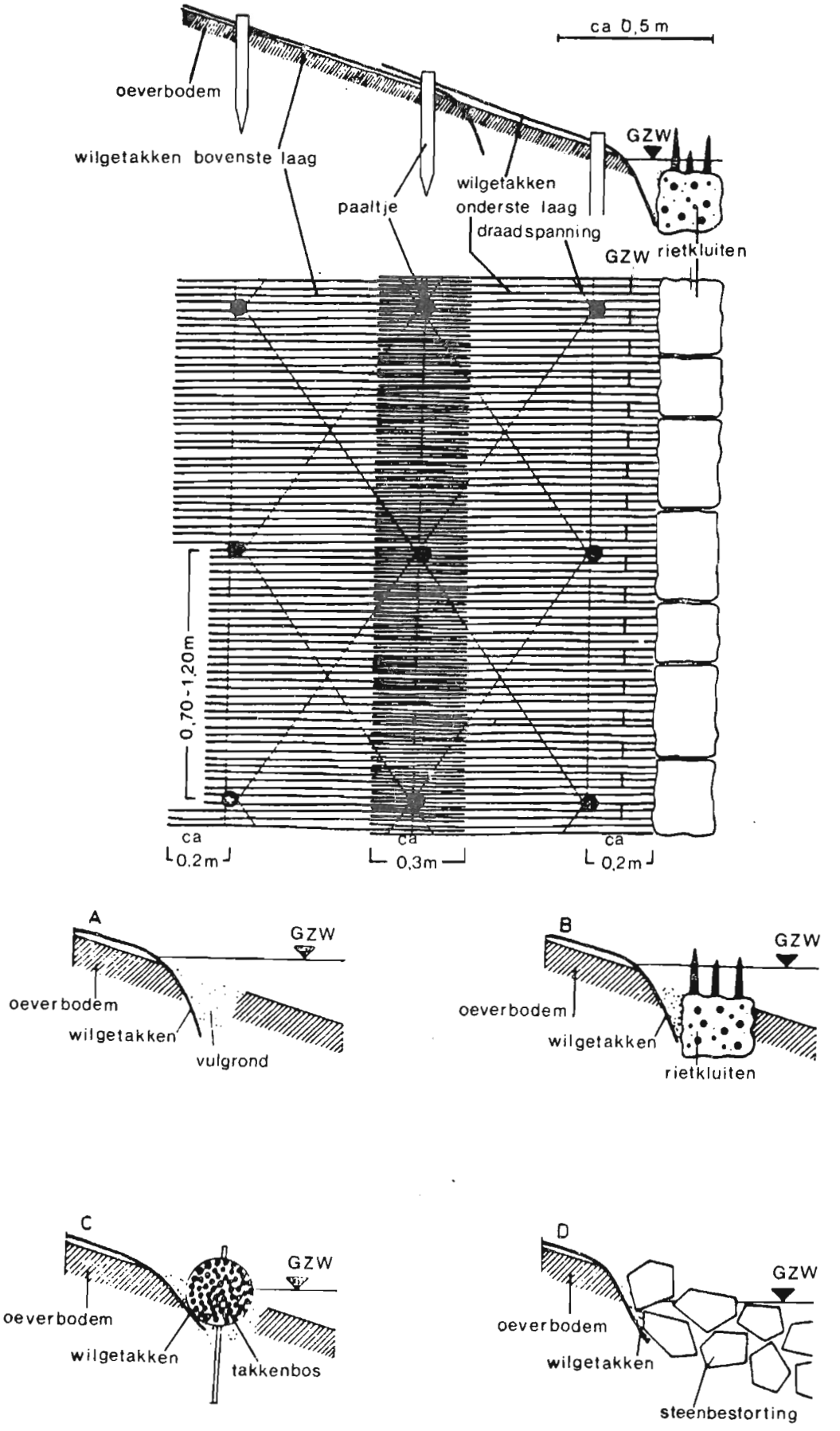


Fig. 35 *Bouwtekening kraagstuk met verschillende soorten voetverstevigingen (Schlüter, 1971).*

Na het leggen van de takken spant men kruisgewijs draad langs de paaltjes, zodat de takken stevig in de bodem gedrukt blijven (dit kan ook met behulp van een betuining, maar daar het herstel een grote arbeidsopgave betekent en een draadspanning hetzelfde effect heeft, wordt deze methode in de regel niet aanbevolen). Hierna het geheel afdekken met een 1 à 2 cm dikke laag grond.

Bouwtijd

Het gunstigst is maart/april, kort voor de uitloop. Hoewel wilgetakken ook in de herst en winter wortelen is de bouw van kraagstukken in deze tijd niet gunstig. Er bestaat gevaar dat winter- en voorjaarshoogwater de bodemafdekking wegspoelen en het nog niet gewortelde kraagstuk beschadigen. Na de uitloop bestaat de beschermende werking slechts uit dunne buigzame takken. Het beste is het om de wilgenmat regelmatig te verjongen door om de 2 à 3 jaar de takken tot enkele centimeters boven de grond machinaal of met de hand terug te snijden.
De kraagstukkenbouw is alleen een methode voor de aanplant van wilgesoorten. Matten hebben direct na hun aanleg een beschermende werking, omdat de dicht tegen elkaar liggende takken de bodem beschermen. De arbeids- en materiaalkosten ervan zijn echter verhoudingsgewijs hoog.

Takkenbossen en takkenrollen

Er zijn nog enkele andere mogelijkheden om de oever te beschermen met behulp van wilgen. Een methode waarbij alleen hout wordt gebruikt is die van de wilgetakken. Hiervoor kunnen dode en levende takken gebruikt worden van globaal dezelfde wilgesoorten, die ook voor kraagstukken worden toegepast. Deze wijze van oeverbescherming kan worden toegepast aan sterk eroderende oevers. De korte tijd voor de uitvoering met levend hout is maart/april. Zie de figuren 36, 37, 38 en 39. De figuren zijn afkomstig uit Schlüter (1971),

Opmerking:

De vermelde houten constructies zijn alleen geschikt voor oevers waar geen zware golfslag optreedt.

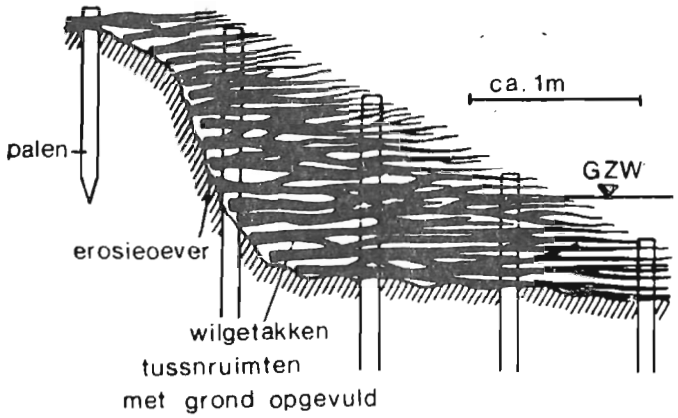


Fig. 36 *Takkenpakket, in één richting gelegd (Schlüter, 1971).*

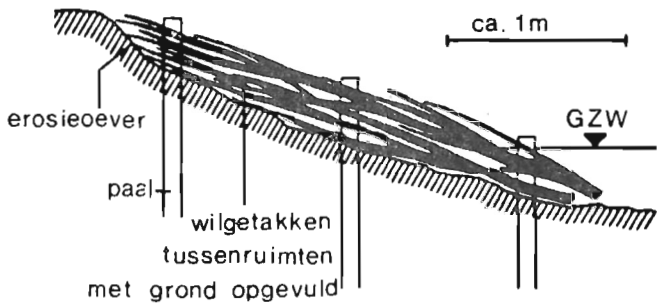


Fig. 37 *Takkenlaag op een schuine oever (Schlüter, 1971).*

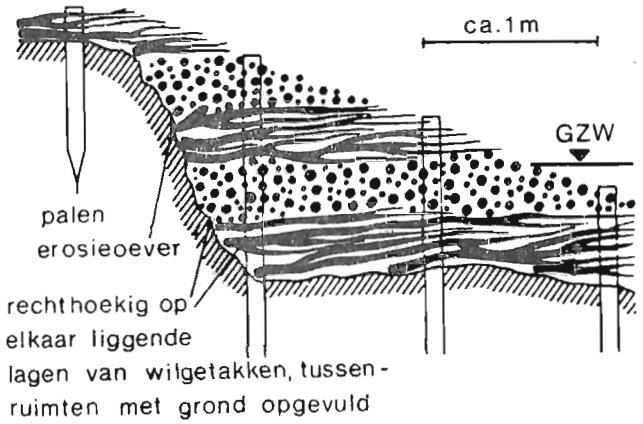


Fig. 38 *Horizontale takkenlagen in twee richtingen gelegd (Schlüter, 1971).*

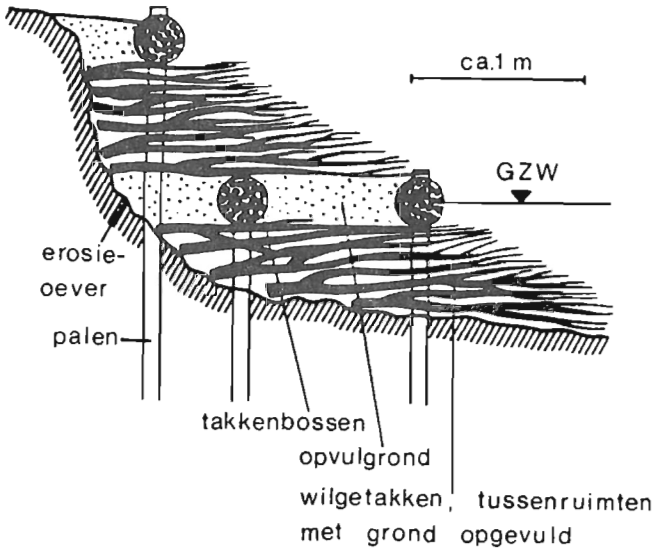


Fig. 39 *Horizontale takkenlagen met tussengevoegde opvulgrond en takkenrollen (Schlüter, 1971).*

Combinaties met harde materialen

Tussen een oeverbescherming van harde materialen (gezette steen, stortsteen of grind) kunnen wilgetakken of stammetjes worden geplant. De figuren 40 t/m 42 geven hiervan voorbeelden. Elzetakken lopen niet spontaan uit, deze moeten op de normale manier geplant worden als stekken met wortels.

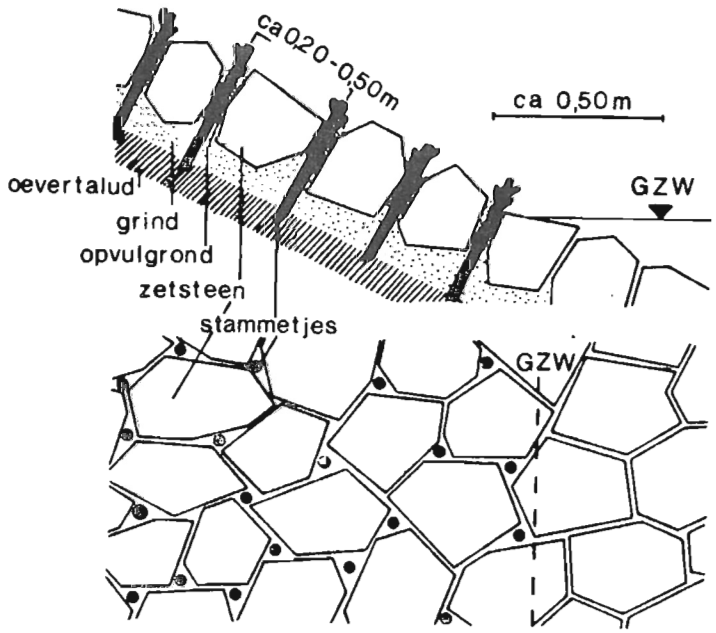


Fig. 40 *Zetsteen met ingeplante stammetjes (Schlüter, 1971).*

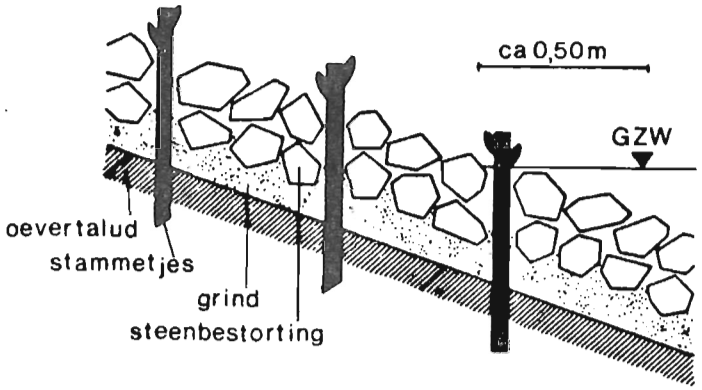


Fig. 41 *Steenbestorting met ingeplante stammetjes (Schlüter, 1971).*

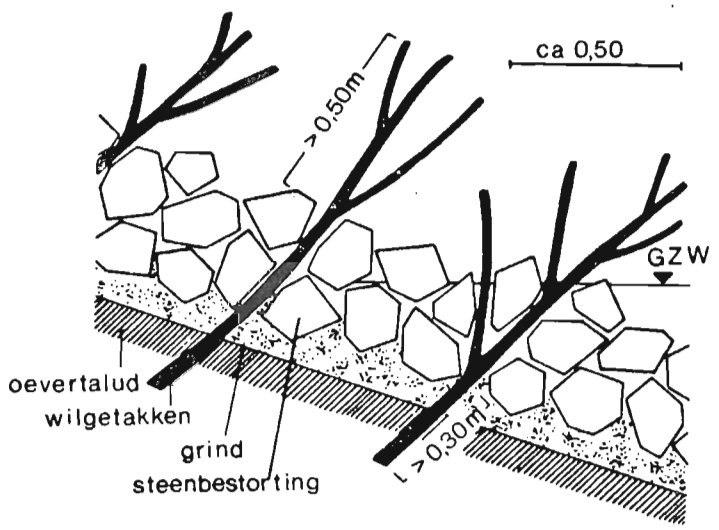


Fig. 42 *Steenbestorting met ingeplante takken (Schlütter, 1971).*

Betuining

Voor betuining zijn de bij het kraagstuk genoemde wilgesoorten te gebruiken. Bij vlechtwerk zijn er 2 mogelijkheden:

a. Het maken ervan vóór het inbrengen in de bodem.

b. De inbouw in door wegspoeling bedreigde bodem.

Methode b: ongeveer 60 à 100 cm lange levende wilgepalen worden met een onderlinge afstand van 100 tot 150 cm zó diep in de bodem geslagen, dat ze ongeveer 15 tot 20 cm uit de bodem steken. Tussen deze palen worden 40 tot 60 cm lange wilgestekken met een onderlinge afstand van 25 tot 30 cm in de grond gestoken. Tussen deze palen en stekken

worden minstens 150 cm lange wilgetakken met het onderste eind 20 tot 30 cm in de bodem gestoken en om de palen en stekken gevlochten. Voorbeelden zijn onder andere te zien in het Elzenburgerbos (Rijswijk, Zuid-Holland) en Pishoek (Wieringermeerpolder). Figuur 43, afkomstig uit Bittmann (1965) geeft twee wijzen van vlechten van betuiningen weer.

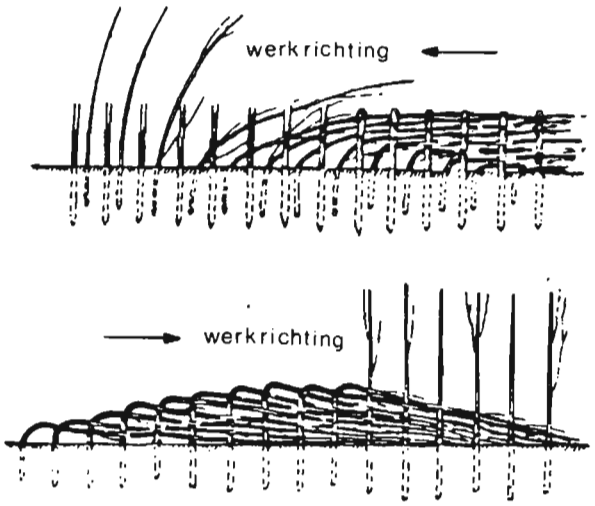


Fig. 43 *Vlechtwijzen voor betuining (Bittmann, 1965).*

BIJLAGE 5.1. BELANGRIJKSTE PLANTENGEMEENSCHAPPEN IN HET OVERGANGS-MILIEU VAN WATER NAAR LAND IN EEN EUTROFE OMGEVING (uit: Van Acht, 1973)

Nr.	Plantengemeenschappen	Water	Bodem	Opmerkingen
1.	Associatie van glanzig fonteinkruid (Potametum lucentis)	1-5 m diep	Zand, klei	Verdraagt golfwerking. Minder gevoelig voor vervuiling dan nr. 2.
2.	Associatie van gele plomp en drijvend fonteinkruid (Potameto - Nupharetum)	≥ 1 m diep	Veen, zand, klei	Enige beschutting vereist. Niet te voedselrijk.
3.	Mattenbies-associatie (Scripetum lacustris)	1-3 m diep	Mineraal substraat, vast veen	Het eerste pionierstadium. Langs grote wateren. Verdraagt golfwerking.
4.	Associatie van de kleine lisdodde (Typhetum augustifoliae	0,5-3 m diep	Minerale of venige grond met tamelijk dikke, weke sapropeliumlaag	In zonering volgend op nr. 2.
5.	Mattenbies-riet-associatie (Scirpo - Phragmitetum)	0-0,5 m diep	Minerale of venige grond, al of niet bedekt met sapropelium	In zonering volgend op nr. 3.
6.	Gemeenschap van kalmoes en gele lis (Gemeenschap van Acorus calamus en Iris pseudocarus)	0,3 m diep		Op plaatsen met plotseling steil aflopende taluds. Niet gegeten door vee en waterwild. Vaak in iets verontreinigd water.
7.	Associatie van kleine egelskop en pijlkruid (Sparganio - Sagittarietum)	0,3 m diep		Matig voedselrijk water.
8.	Oeverzegge-associatie (Caricetum ripariae)	Gelijk aan maaiveld, tijdelijk onder water		Op plaatsen met golfwerking. Overgang naar nr. 13.
9.	Associatie van scherpe zegge en blaaszegge (Caricetum acuto-vesicariae)	0,3 m diep in winter hoge waterstand	Mineraal	Vaak grenzend aan nr. 14.
10.	Rietgras-sociatie (Sociatie van Phalaris arundinacea)	In zomer tot 0,3 m - mv		Indicatie voor storing.
11.	Liesgras-sociatie (Sociatie van Glyceria maxima)	Fluctuaties in gr.w.	Week, gereduceerd	
12.	Naaldwaterbies-associatie (Eleocharitetum acicularis)	Zomer: doorvallend Winter: onder water	Zandig, kleiig	
13.	Moerasspirea-verbond (Filipendulion)	Vochtig, fluctuerend gr.w.	Humeus stikstofhoudend	
14.	Dotter-verbond (Calthion palustris)	Nat	Mineraalrijke, stikstofhoudende,kleiige of venige bodems	Grondwater zuurstofrijk.
15.	Schietwilgenbos (Salicetum albo - fragilis)	Grondwater gelijk aan of iets onder maaiveld	Nitraatrijke klei	
16.	Elzenbroek (Carici elongatea - Alnetum)	Grondwater iets onder of boven mv	Klei	In successie volgend op nr. 15. Eindstadium successie.
17.	Fluitekruidrijk essenbos (Anthrisco - Fraxinetum)	0,5-1 m minus mv	Zandig, kleiig	

BIJLAGE 5.2. PLANTEN EN DE WATERDIEPTE WAAROP ZE VOORKOMEN IN DRIE OUDE RIVIERLOPEN (naar: Van Donselaar-Ten Bokkel-Huinink, 1961).

——— : wortelend in de bodem van de poel.

∿∿∿ : wortelend in een drijvende mat.

▬▬ : de soort kan op die diepte dominant zijn.

De letter achter de soortnaam geeft de vegetatie-eenheid aan, waarin de soort karakteristiek is.

Mp = Magnopotamion
Phon = Phragmition
Phon S = Scirpo-Phragmitetum
Phia = Phragmitetalia
M = Magnocaricion
MC = Caricetum acuto-vesicariae
R = De soort kan zowel behoren tot een gemeenschap die in successie volgt op het Magnocaricion of anders tot één die zijn ontstaan dankt aan menselijke invloed.

Wanneer geen letter(-combinatie) is toegevoegd, is er geen gemeenschap, waarvoor de soort als karakteristiek kan worden beschouwd.

Indeling in groepen

Groep 1: Soorten die meest voorkomen in diep water van 50-250 cm.

Groep 2: Drijvende soorten van 0-100 cm.

Groep 3: Wortelende soorten van 5-100 cm.

Groep 4: Wortelende soorten van 5-50 cm.

Groep 5: Soorten, die zowel in diep water (± 80 cm) voorkomen, maar ook voorkomen boven het wateroppervlak.

Groep 6: Soorten, die niet dieper dan 50 cm voorkomen, maar ook voorkomen boven het wateroppervlak.

Groep 7: Soorten, die niet dieper dan 35 cm voorkomen, maar ook voorkomen boven het wateroppervlak.

Groep 8: Soorten die soms gevonden worden in ondiep water maar in de regel boven de waterspiegel voorkomen.

Groep 9: Soorten, die in de regel boven de waterspiegel worden aangetroffen.

Groep 10: Soorten, die voornamelijk of zelfs uitsluitend worden aangetroffen op drijvende matten.

Uit deze informatie blijkt, dat vooral de soorten uit groep 3 t/m 8 interessant zijn om toe te passen in een oevervegetatie. Met name de soorten uit groep 5, die over een behoorlijk traject van de oever kunnen wortelen, zijn interessant.

BIJLAGE 5.3. RELATIE WORTELDIEPTE VAN RIVIERPLANTEN EN STROMING EN EROSIETOLERANTIE VAN EEN AANTAL PLANTEN (naar: Haslam, 1978).

a. Ondiep-wortelende soorten (meeste wortels in de bovenste 15 cm van het substraat)

1. Soorten karakteristiek voor gemiddelde of snelle stroming

Fioringras	(Agrostis stolonifera)
Groot moerasscherm	(Apium nodiflorum)
Kleine watereppe	(Berula erecta)
Haaksterrekroos	(Callitriche hamulata)
Stomphoekige sterrekroos	(Callitriche obtusangula)
Moerassterrekroos	(Callitriche stagnalis)
Watermunt	(Mentha aquatica)
Moeras-vergeet-mij-nietje	(Myosotis palustris)
Teer vederkruid	(Myriophyllum alterniorum)
Aarvederkruid	(Myriophyllum spicatum)
Gekroesd fonteinkruid	(Potamogeton crispus)
Dichtbladig fonteinkruid	(Potamogeton densus)
Ranonkel-soorten	(Ranunculus spec.)
Waterkersgroep	(Rorippa Nasturtium aquaticum aggr.)
Blauwe water-ereprijs	(Veronica anagallis-aquatica)
Beekpunge	(Veronica beccabunga)
Zannichellia	(Zannichellia palustris)

2. Soorten karakteristiek voor verwaarloosbare of langzame stroming

Fioringras	(Agrostis stolonifera)
Sterrekroossoorten	(Callistriche spec.)
Brede waterpest	(Elodea canadensis)
Gele waterkers	(Rorippa amphibia)

b. Diep-wortelende soorten (meeste wortels dieper dan 15 cm in het substraat)

1. Soort karakteristiek voor gemiddelde of snelle stroming

Grote egelskop	(Sparganium erectum)

2. Soorten karakteristiek voor verwaarloosbare of langzame stroming

Grote waterweegbree	(Alisma plantago-aquatica)
Moeraszegge	(Carex acutiformis)
Oeverzegge	(Cares riparia)
Liesgras	(Glyceria maxima)
Gele plomp	(Nuphar lutea)
Riet	(Phragmites australis)
Veenwortel	(Polygonum amphibium)
Drijvend fonteinkruid	(Potamogeton natans)
Schedefonteinkruid	(Potamogeton pectinatus)
Doorgroeid fonteinkruid	(Potamogeton perfoliatus)
Pijlkruid	(Sagittaria sagittifolia)
Mattenbies	(Scirpus lacustris)
Kleine egelskop	(Sparganium emersum)
Grote egelskop	(Sparganium erectum)
Kleine lisdodde	(Typha augustifolia)
Grote lisdodde	(Typha latifolia)

Een horizontale waterstraal van constante snelheid werd op de planten gericht, vanaf bovenstrooms, op de grond aan de basis van de scheuten. De tijd nodig om de plant te eroderen werd hierbij genoteerd. De classificatie is gebaseerd op deze tijden. De gebruikte habitats waren typerend voor elke soort.

1. Erg gemakkelijk te eroderen

Agrostis stolonifera	(Epilobium hirsutum, wortelstukken)
Ceratophyllum demersum	
Elodea canadensis	Rorippa amphibia
	Rorippa nasturtium-aquaticum agg.

2. Gemakkelijk te eroderen

Callitriche spp.	Myriophyllum spicatum
Epilobium hirsutum	Sparganium erectum
Myosotis scorpioides	Zannichellia palustris

3. Tamelijk moeilijk te eroderen

Apium nodiflorum	Potamogetum perfoliatus
Berula erecta	Schoenoplectus lacustris
Potamogeton crispus	Sparganium emersum

4. Moeilijk te eroderen

Glyceria maxima	Potamogeton pectinatus
Nuphar lutea	Ranunculus calcareus
Oenanthe fluviatilis	Ranunculus fluitans
Phalaris arundinacea	Ranunculus penicillatus
Phragmites australis	Ranunculus trichophyllus

BIJLAGE 5.4. EFFECT VAN SUBSTRAATSOORT OP EROSIEGEVOELIGHEID (naar: Haslam, 1978).

1. Geheel wortelend in onsamenhangend slib

Erg gemakkelijk te eroderen

Ceratophyllum demersum	Rorippa amphibia
Elodea canadensis	Rorippa nasturtium-aquaticum agg.
Myosotis scorpioides	

Gemakkelijk te eroderen

Epilobium hirsutum	Sparganium erectum

Vrij moeilijk te eroderen

Glyceria maxima	Sparganium emersum
Agrostis stolonifera	Myriophyllum spicatum
Callitriche spp.	Ranunculus fluitans

2. Geheel wortelend in slib of veen, maar door gebrek aan stroming, geheel vastgehouden door dode wortels

Gemakkelijk te eroderen

Callitriche spp.	Epilobium hirsutum

Vrij moeilijk te eroderen

Apium nodiflorum	Eleocharis palustris

Moeilijk te eroderen

Glyceria maxima

3. Geheel wortelend in zand

Gemakkelijk te eroderen

Callitriche stagnalis

Vrij moeilijk te eroderen

Potamogeton perfoliatus	Zannichellia palustris
Ranunculus penicillatus	

4. In een gemengde, iets samenhangende bedding

Gemakkelijk te eroderen

Agrostis stolinifera	Epilobium hirsutum

Vrij moeilijk te eroderen

Berula erecta	Ranunculus fluitans
Callitriche spp.	Ranunculus penicillatus
Myriophyllum spicatum	Sparganium emersum
Potamogeton pectinatus	

Moeilijk te eroderen

Glyceria maxima	Sparganium erectum
Scirpus lacustris	

5. In een gemengde tamelijk samenhangende bedding

Vrij moeilijk te eroderen

Apium nodiflorum

Moeilijk te eroderen

Epilobium hirsutum	Potamogeton crispus
Oenanthe fluviatilis	Ranunculus penicillatus

6. In een stevige grint en stenen bedding met of zonder enig sediment er boven.

Moeilijk te eroderen

Berula erecta	Ranunculus penicillatus
Callitriche stagnalis	Ranunculus trichophyllus
Potamogeton pectinatus	Scirpus lacustris
Potamogeton perfoliatus	Sparganium emersum
Ranunculus fluitans	Sparganium erectum
Ranunculus peltatus	

7. Vastgegroeid in havens

Moeilijk te eroderen

Callitriche spp.	Sparganium emersum
Myosotis scorpioides	Sparganium erectum
Nuphar lutea	

BIJLAGE 5.5.

OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE PLANTESOORTEN VAN DE RIVIEROEVERS IN WEST-DUITSLAND (naar: Bittmann, 1965)

PLANTEN VAN DE FONTEINKRUIDZONE

Aarvederkruid	(Myriophyllum spicatum)
Gedoornd hoornblad	(Ceratophyllum demersum)
Fijne waterranonkel	(Ranunculus aquatilis)
Veenwortel	(Polygonum amphibium)
Brede waterpest	(Elodea canadensis)
Drijvend fonteinkruid	(Potamogeton natans)
Lidsteng	(Hippuris vulgaris)
Glanzend fonteinkruid	(Potamogeton lucens)
Doorgroeid fonteinkruid	(Potamogeton perfoliatus
Gekroesd fonteinkruid	(Potamogeton crispus)
Schedefonteinkruid	(Potamogeton pectinatus)
Gewoon blaasjeskruid	(Utricularia vulgaris)
Waterviolier	(Hottonia palustris)
Moerassterrekroos	(Callitriche stagnalis)
Voorjaarssterrekroos	(Callitriche palustris)
Haaksterrekroos	(Callitriche hamulata)
Vlottende waterranonkel	(Ranunculus fluitans)
Rivierfonteinkruid	(Potamogeton nodosus)
Dichtbladig fonteinkruid	(Potamogeton densus)
Gele plomp	(Nuphar lutea)
Waterlelie	(Nymphaea alba)

PLANTEN VAN DE RIETZONE

Riet	(Phragmites australis)
Mattenbies	(Scirpus lacustris)
Kalmoes	(Acorus calamus)
Grote egelskop	(Sparganium erectum)
Liesgras	(Glyceria maxima)

Grote lisdodde	(Typha latifolia)
Kleine lisdodde	(Typha angustifolia)
Zwanebloem	(Butomus umbellatus)
Pijlkruid	(Sagittaria sagittifolia)
Waterzuring	(Rumex hydrolapathum)
Grote waterweegbree	(Alisma plantago-aquatica)
Holpijp	(Equisetum fluviatile)
Zeebies	(Scirpus maritimus)
Gewone waterbies	(Eleocharis palustris)
Gele waterkers	(Rorippa amphibia)
Gele lis	(Iris pseudacorus)
Mannagras	(Glyceria fluitans)
Stomp vlotgras	(Glyceria plicata)
Echte waterkers	(Nasturtium officinale)
Beekpunge	(Veronica beccabunga)
Watermunt	(Mentha aquatica)
Moeras-vergeet-mij-nietje	(Myosotis palustris)
Kleine egelskop	(Sparganium emersum)
Kleine watereppe	(Berula erecta)
Grote watereppe	(Sium latifolium)
Scherpe zegge	(Carex acuta)
Moeraszegge	(Carex acutiformis)
Oeverzegge	(Carex riparia)
Stijve zegge	(Carex elata)
Hoge cyperzegge	(Carex pseudocyperus)
Pluimzegge	(Carex paniculata)

PLANTEN VAN DE ZACHTHOUTZONE

Rietgras	(Phalaris arundinacea)
Moerasbeemdgras	(Poa palustris)
Straatgras	(Poa annua)
Rus beemdgras	(Poa trivialis)
Fioringras	(Agrostis stolonifera)
Engels raaigras	(Lolium perenne)
Geknikt vossestaart	(Alopecurus geniculatus)
Zilverschoon	(Potentilla anserina)

Vijfvingerkruid	(Potentilla reptans)
Kruipende boterbloem	(Ranunculus repens)
Kweek	(Elymus repens)
Rietzwenkgras	(Festuca arundinacea)
Witte klaver	(Trifolium repens)
Krulzuring	(Rumes crispus)
Varkensgras	(Polygonum aviculare)
Ridderzuring	(Rumex obtusifolius)
Herfstmunt	(Mentha longifolia)
Akkerkers	(Rorippa sylvestris)
Moerasspirea	(Filipendula ulmaria)
Weidekervel	(Silaum silaus)
Gewone engelwortel	(Angelica silvestris)
Ruwe smele	(Deschampsia cespitosa)
Pitrus	(Juncus effusus)
Wederik	(Lysimachia vulgaris)
Kale jonker	(Cirsium palustre)
Moesdistel	(Cirsium oleraceum)
Grote vossestaart	(Alopecurus pratensis)
Bosbies	(Scirpus sylvaticus)
Moeras-vergeet-mij-nietje	(Myosotis palustris)
Adderwortel	(Polygonum bistorta)
Dotterbloem	(Caltha palustris)
Wilde bertram	(Achillea ptarmica)
Poelruit	(Thalictrum flavium)
Echte valeriaan	(Valeriana officinalis)
Lidrus	(Equistum palustre)
Kattestaart	(Lythrum salicaria)
Smeerwortel	(Symphytum officinale)
Moerasandoorn	(Stachys palustris)
Moeraswalstro	(Galium palustre)
Groot hoefblad	(Petasites hybridus)
Beemdooievaarsbek	(Geranium pratense)
Harig wilgeroosje	(Epilobium hirsutum)
Grote brandnetel	(Urtica dioica)
Kleefkruid	(Galium aparine)

Gevlekte dovenetel	(Lamium maculatum)
Akkerdistel	(Cirsium arvense)
Dauwbraam	(Rubus caesius)
Zwarte populier	(Populus nigra)
Witte abeel	(Populus alba)
Grauwe abeel	(Populus canescens)
Schietwilg	(Salix alba)
Kraakwilg	(Salix fragilis)
Bittere wilg	(Salix purpurea)
Amandelwilg	(Salix triandra)
Katwilg	(Salix viminalis)
Grijze wilg	(Salix elaeagnos)
	(Salix dephnoides)
Laurierwilg	(Salix pentandra)
	(Salix nigricans)
Zwarte els	(Alnus glutinosa)
Grauwe els	(Alnus incana)

PLANTEN VAN DE HARDHOUTZONE

Glanshaver	(Arrhenatherum elatius)
Peen	(Daucus carota)
Glad walstro	(Galium mollugo)
Duizendblad	(Achillea millefolium)
Beemdlangbloem	(Festuca pratensis)
Kropaar	(Dactylis glomerata)
Zachte dravik	(Bromus hordeaceus hordeaceus)
Margriet	(Leucanthemum vulgare)
Goudhaver	(Trisetum flavescens)
Fluitekruid	(Anthriscus sylvestris)
Morgenster	(Tragopogon pratensis)
Zachte haver	(Avenula pubescens)
Knoopkruid	(Centaurea jacea)
Bereklauw	(Heracleum sphondylium)
Groot streepzaad	(Crepis biennis)
Beemdkron	(Knautia arvensis)
Timotheegras	(Phleum pratense pratense)

Kleine ruit	(Thalictrum minus)
Cypreswolfsmelk	(Euphorbia cyparissias)
Veldsalie	((Salvia pratensis)
Bergdravik	((Bromus erectus)
Kleine bevernel	(Pimpinela saxifraga)
Gladde iep	(Ulmus minor)
Steeliep	(Ulmus laevis)
Ruwe iep	(Ulmus glabra)
Vogelkers	(Prunus padus)
Gelderse roos	(Viburnum opulus)
Gewone vlier	(Sambucus nigra)
Gewone es	(Fraxinus excelsior)
Wilde kardinaalsmuts	(Euonymus europaeus)
Eenstijlige meidoorn	(Crataegus monogyna)
Rode kornoelje	(Cornus sanguinea)
Hazelaar	(Corylus avellana)
Sleedoorn	(Prunus spinosa)
Noorse esdoorn	(Acer platanoides)
Gewone esdoorn	(Acer pseudoplatanus)
Spaanse aak	(Acer campestre)
Zomereik	(Quercus robur)
Witte acacia	(Robinia pseudo-acacia)
Guldenroedesoorten	(Solidago spec.)
Zeepkruid	(Saponaria officinalis)
Reuzenzwenkgras	(Festuca gigantea)
Bospaardestaart	(Equisetum sylvaticum)
Hondstarwegras	(Elymus caninus)
Groot springzaad	(Impatiens noli-tangere)
Bitterzoet	(Solanum dulcamara)
Hop	(Humulus lupulus)
Bosrank	(Clematis vitalba)
Klimop	(Hedera helix)

BIJLAGE 5.6. ENIGE GEGEVENS OVER WINNEN EN AANPLANT VAN RIET EN BIEZEN IN HET LAUWERSMEERGEBIED

Rooien van rietstekken	
1. ploegen	- veel uitval - beschadigde bovengrondse delen
	- slecht plantmateriaal
	- 1600 stekken/man/dag
2. bosploeg	- goed plantmateriaal
	- 850 stekken/man/dag
3. schop (natte methode)	- uitstekend plantmateriaal
	- 1200 stekken/man/dag
	- zwaar- en koud werk
Rooien van biezenstekken	
handkracht (lepelboor)	- moeilijk bereikbare plaatsen geringe draagkracht bodem
	- ± 100 stekken/man/uur
Machinaal planten van biezen	
county + 4000	- goede draagkracht bodem
+ 1 rijplantmachine	- ± 300 stekken/man/uur
county + eventueel extra trekker	- zeer goede draagkracht bodem
+ 3 rijplantmachines	- ± 500 stekken/man/uur
Riet/biezen aanplant	
Gemiddeld rietplanten	- 100 - 500 stekken/uur
biezenplanten	- 75 - 110 stekken/uur
Riet/biezen rooien	
Gemiddeld riet rooien	- 150 - 200 stekken/uur
biezen rooien	- 100 - 150 stekken/uur
Kosten bij aankoop	
Prijspeil 1977	- aankoop rietstekken f 0,16
	- aankoop biezenstekken f 0,60
Huur koelcel	
Prijspeil 1977	- f 250,-- per week

Ing. W. de Vries,
december 1979,
RIJP, afd. Lauwerszee

6. TOEPASSINGEN VAN NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGSSYSTEMEN.

6.1. NATUURLIJKE OEVERBESCHERMING

Oeverbescherming door middel van planten kan alleen succesvol zijn op luwe oevers en oevers met een (zeer) flauwe helling. Hoe geëxponeerder de oever ligt, des te flauwer het talud moet zijn, omdat alleen dan de vegetatiegordel voldoende breed is om een goede bescherming tegen golfslag te bieden. Als minimale taludhelling onder verder gunstige omstandigheden moet 1:4 aangehouden worden (Ramke-Sulingen, 1982; Bonham, 1983). De beste mogelijkheden voor een oeverbeschermende vegetatiegordel bieden taludhellingen van 1:10 tot 1:30 (Knutson, 1977; van Arkel e.a., 1979; Bittmann, 1965). Als minimale breedte onder verder gunstige omstandigheden moet 2-3 meter aangehouden worden (RamkeSulingen, 1982; Bonham, 1983).
Het ideale oevertype is gebaseerd op een geomorfologisch model met een glooiende, glijvlakvormige oevervorm zoals dat in natuurlijke situaties voorkomt (Arens, 1965). Hierbij wordt uitgegaan van een onbeperkt brede oeverstrook. De planten waarvan bekend is dat ze een goede oeverbeschermende werking hebben, zijn in dit type gecombineerd. De praktische haalbaarheid (aanleg, onderhoud, instandhouding) is een tweede. Zie figuur 44 (Hagemeyer en Sessink, 1982).
De buitenste vegetatiegordel, die maximaal een waterdiepte heeft van 2 m kan bestaan uit mattenbies met beginnend bij 0,60 m waterdiepte een rietgordel, waarin plaatselijk lisdodde kan staan. In het ondiepere water kunnen soorten als liesgras en zeggen groeien en nog ondieper gele lis en kalmoes. Vanaf de waterspiegel tot een halve meter erboven zijn vooral bomen of struiken van wilg en els en eventueel populier en abeel toepasbaar en ook rietgras. De buitenste rand kan gevormd worden door verschillende grassoorten, witte klaver en dauwbraam en hardhoutzonebomen als es en iep. Deze zijn alle uitstekend in staat het talud vast te houden (Hagemeyer en Sessink, 1982).

In de praktijk zal een dergelijke puur natuurlijke bescherming zeer zelden toegepast kunnen worden. Daarnaast zal aan die oevers, die qua standplaatsfactoren geschikt zijn voor een dergelijke oevervegetatie, deze op den duur van nature ontstaan.

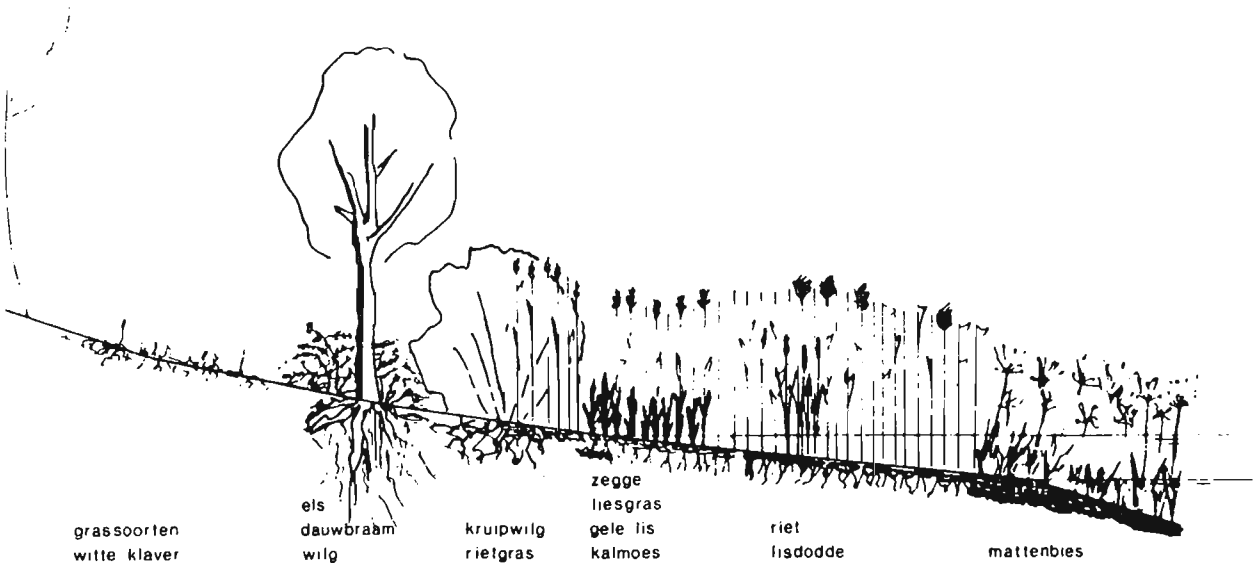


Fig. 44 Het ideale oevertype (Hagemeyer en Sessink, 1982).

Er doen zich echter situaties voor waarbij niet aan de vestigingseisen van een oevervegetatie wordt voldaan, maar men wel de indruk heeft dat een eenmaal gevestigde (aangeplante en aangeslagen) vegetatie zich wel kan handhaven. Dit kan dan opgelost worden door tijdelijke maatregelen te treffen.

6.2. TIJDELIJKE TECHNISCHE OF WATERSTAATKUNDIGE MAATREGELEN

Een pas aangeplante oevervegetatie is de eerste jaren, totdat de planten goed zijn aangeslagen en zich vegetatief hebben uitgebreid, kwetsbaar. Hiervoor kan het noodzakelijk zijn de aanplant de eerste jaren te beschermen tegen wind- en/of scheepsgolven. Een belangrijk aspect hierbij is het voorkómen van opwoeling van de bodem en onderspoeling van het wortelmilieu, waardoor de aanplant wegspoelt.

Tijdelijke waterstandsverlaging.

Een beschermende maatregel, welke in Amerika wel wordt toegepast, is het verlagen van het waterpeil gedurende het eerste groeiseizoen (mededeling Heizer (1984), Soil Conservation Service, Texas). Dit is echter veelal niet mogelijk vanwege het waterpeil van ermee in verbinding staande wateren of vanwege op het waterpeil ingestelde voorzieningen langs de oevers.

Tijdelijke golfdempende constructies

Een andere oplossing is het aanbrengen van een tijdelijke golfdempende constructie, zoals een golfschot of vlechttuin (mededeling Heizer, 1984; PWS-F, 1982), een gronddam (PWS-F, 1982; Ramke-Sulingen, 1982), een constructie van strobalen of autobanden (Webb en Dodd, 1976), een drijvende constructie (Linden, 1985) of een palenrij, zoals bijvoorbeeld is toegepast door de Rijksdienst voor de IJsselmeerpolders in het Lauwersmeer (RIJP-brochure "Afgedwongen land"). Zie de figuren 45 t/m 50 en de foto's 17 en 18.

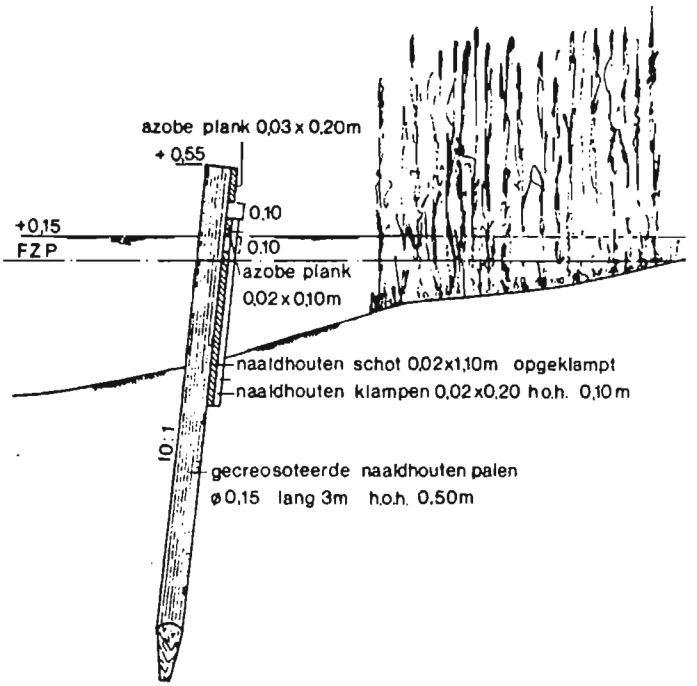


Fig. 45 *Golfschot (PWS-F, 1982).*

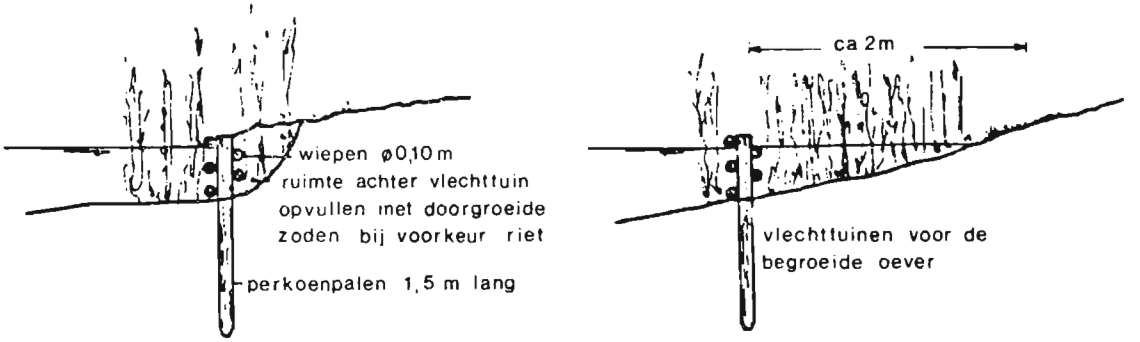


Fig. 46 *Tijdelijke constructie in de vorm van een vlechttuin (PWS-F, 1982).*

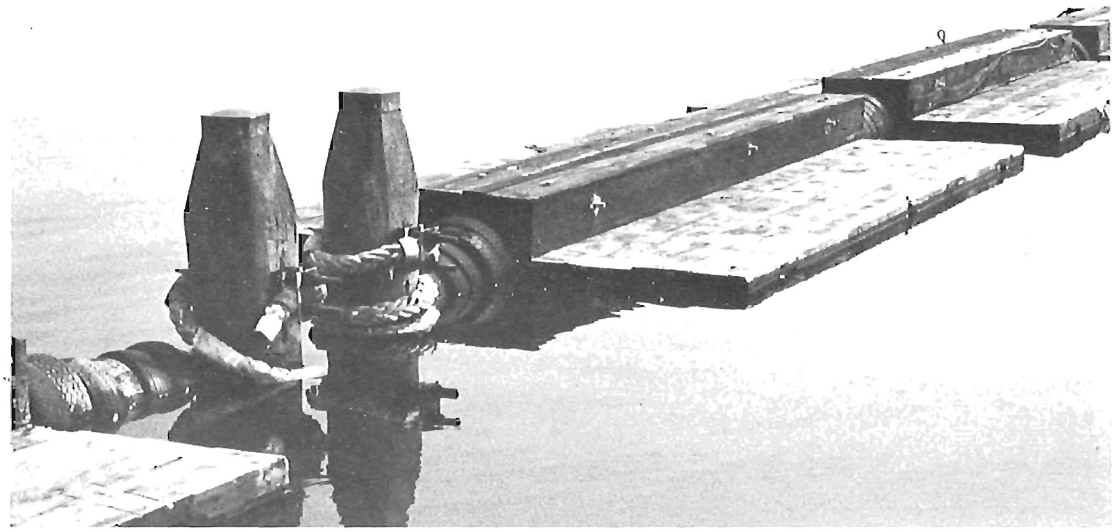


foto 17. Een experimentele drijvende golfkering in het Grevelingenmeer; weinig golfdempende werking.

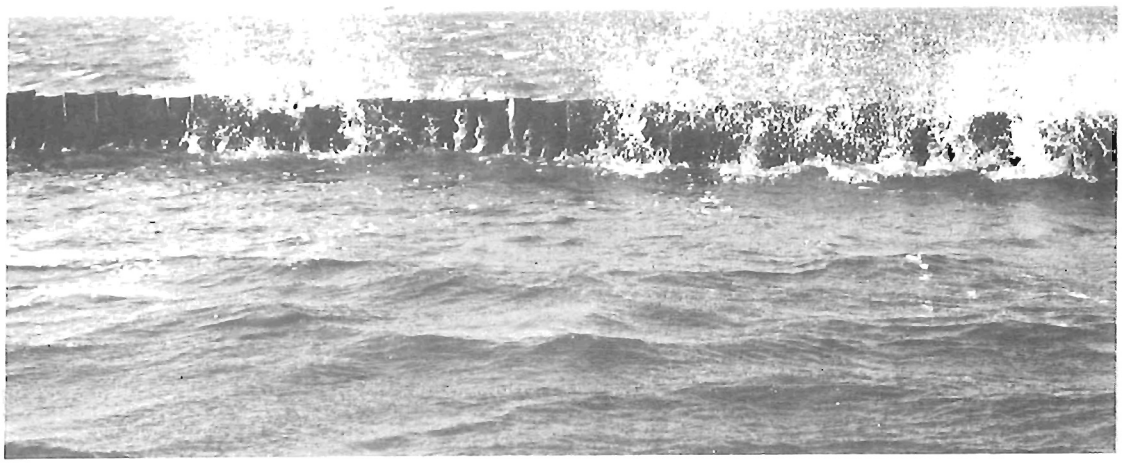


foto 18. Een tijdelijk paalscherm in het Lauwersmeer op een te geëxponeerde plaats: te geringe golfdemping om riet- en biezenaanplant succesvol te doen zijn.

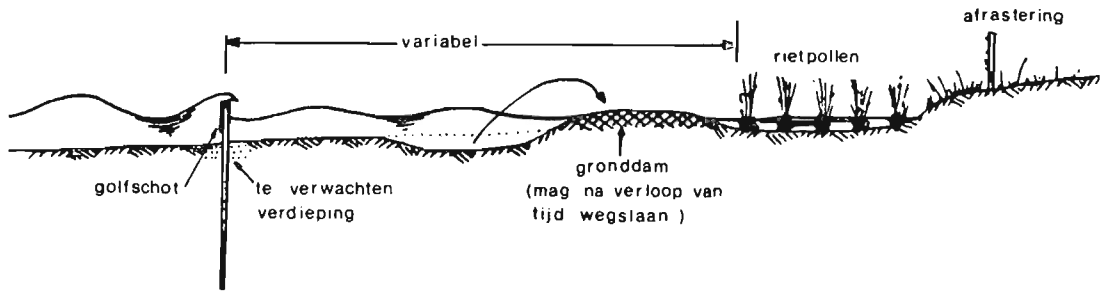


Fig. 47 *Toepassing van een gronddam als tijdelijke constructie bij het herstel van een gedeelte van een rietkraag (PWS-F, 1982).*

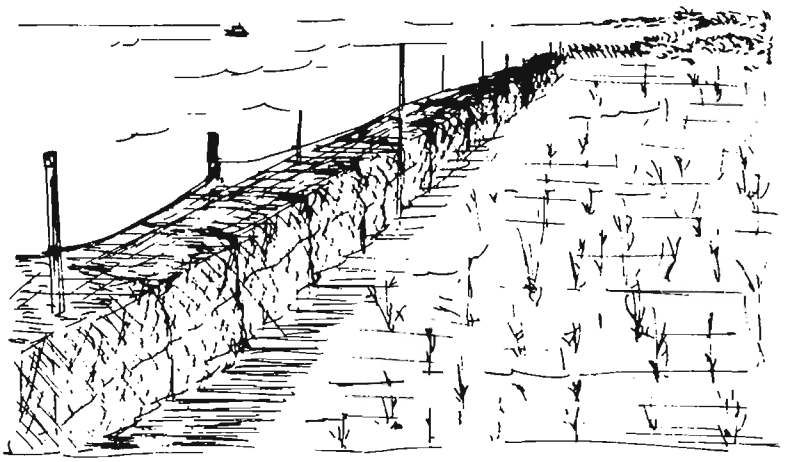


Fig. 48 *Tijdelijke constructie opgebouwd uit metalen pijpen, gaas, kabel en strobalen (naar Webb en Dodd, 1976).*

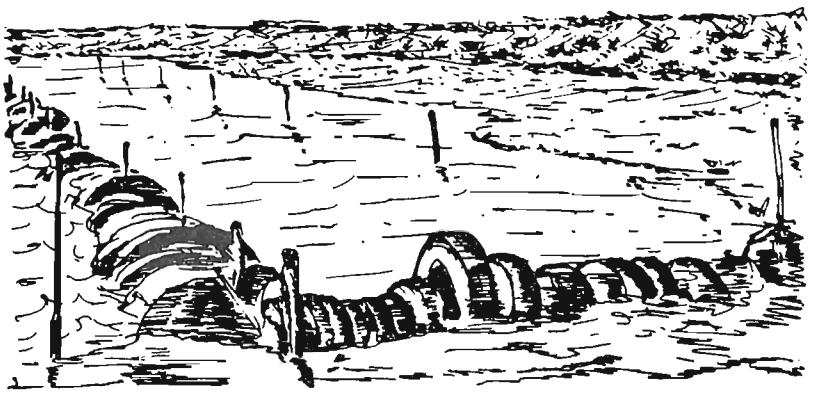


Fig. 49 *Tijdelijke constructie opgebouwd uit metalen pijpen, kabel en autobanden (naar Webb en Dodd, 1976).*

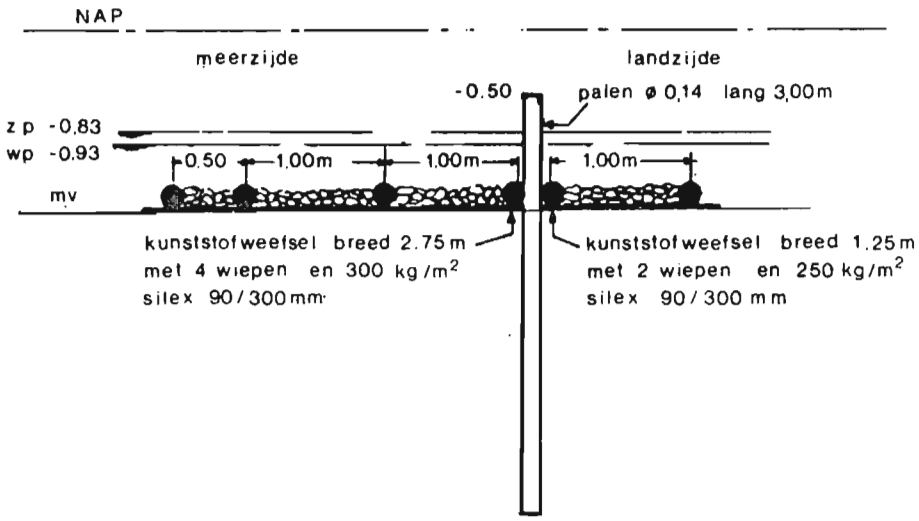


Fig. 50 *Paalscherm van mannetje aan mannetje staande onbehandelde larixpalen, met bodembescherming. Toegepast in het Lauwersmeer.*

Andere maatregelen

Een andere werkwijze is het aanplanten van riet in greppels op een hoger gelegen oeverdeel. Zo is bijvoorbeeld in het Lauwersmeer, langs oevers die nog steeds zout bodemvocht bleken te bevatten, riet aangeplant in parallel aan de oever gegraven greppels. Deze greppels (0,6 m diep en breed) vullen zich met zoet Lauwersmeerwater en regenwater en voorzien het aangeplante riet van een zoet wortelmilieu. Vanuit dit zoete milieu kan zich dan een rietgordel ontwikkelen. Door verdergaande oeverafslag zal de rietvegetatie aan de oeverlijn komen te staan. Zie figuur 51. Deze wijze van aanplanten is op enkele plaatsen goed gelukt. Op andere plaatsen is door te grote golfaanval of door toch nog te zout bodemvocht deze wijze van aanplant mislukt.

Praktische problemen

Een praktisch probleem is het bepalen of de standplaatsfactoren aan een oever al of niet geschikt zijn voor een natuurlijke oeverbescherming (met of zonder tijdelijke bescherming van de aanplant). Dit blijkt bijvoorbeeld uit de toepassing van tijdelijke paalschermen in het Lauwersmeer (geschatte levensduur $\pm$ 10 jaar) (Adriaanse, 1984). Al snel bleek het noodzakelijk om langs de paalschermen een steenbestorting aan te brengen om uitschuren tegen te gaan. De aanplant van riet

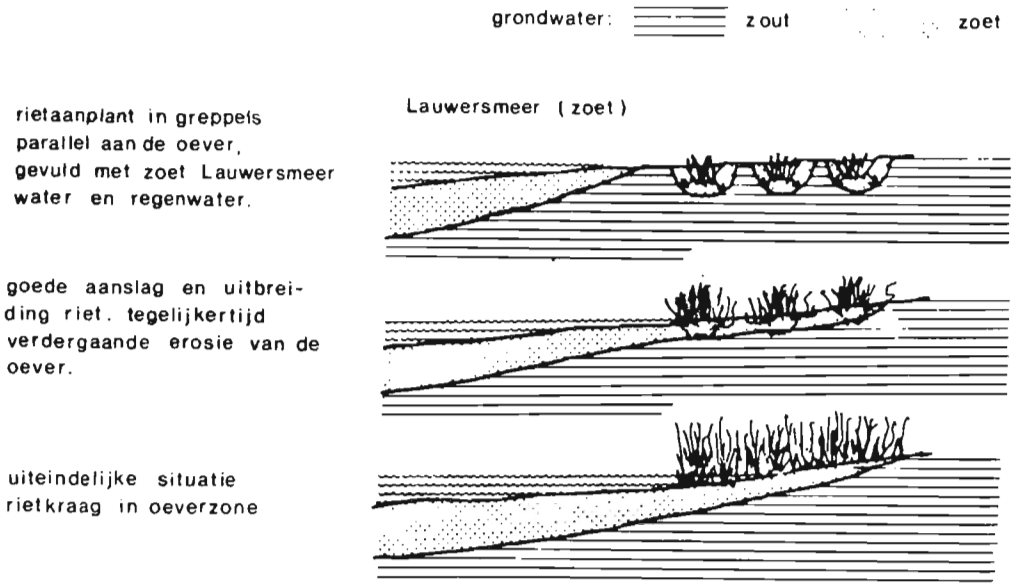


Fig. 51 *Ontwikkeling rietaanplant in parallel aan de oevers gegraven greppels in nog zilte bodem.*

en biezen achter de paalschermen op de meer geëxponeerde plaatsen is mislukt omdat het milieu achter de (permeabele) paalschermen nog te dynamisch is. Het bodemmateriaal is teveel in beweging, waardoor de herhaalde malen aangebrachte riet- en biezenbeplanting steeds weer wordt ontworteld en wegspoelt (mede door opwoelen en vraat door watervogels) en de oevererosie onverminderd doorgaat. Langs andere, minder geëxponeerde oevers, waar de aanplant wel is aangeslagen bestaat echter de indruk dat deze zonder bescherming van de palenrij zich niet zal kunnen handhaven. Langs luwe oevers is de aanplant zeer goed ontwikkeld en is een rietkraag tot aan het paalscherm ontstaan. Bij storm komt echter door het permeabele paalscherm veel bodemmateriaal met de golven mee, dat in de rietkraag sedimenteert. Hierdoor vindt vrij snelle ophoging van de rietkraag plaats, waardoor deze snel gaat verlanden.

Heizer (mededeling, 1984) geeft als grens voor het al of niet toepassen van een golfschot een strijklengte van max. 750 m bij een talud helling van max. 1:15.

6.3. NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGSSYSTEMEN

Uit het voorgaande blijkt dat men voor de meeste oevers genoodzaakt is te kiezen voor een permanente combinatie van natuurlijke en technische oeverbescherming.
Afhankelijk van de verschillende factoren - waarvan de geomorfologie in eerste instantie de voor een oevervegetatie beschikbare ruimte bepaalt - en functies (b.v. recreatie), kunnen verschillende oplossingen voor een natuurtechnische oeverbescherming worden onderscheiden. Recreatie-oevers worden hier, vanwege hun aparte functie, buiten beschouwing gelaten (zie hoofdstuk 8. Ontwerpschema's oeverbeschermingen).
Er zijn op grond van de geomorfologie en de voor een natuurtechnische oeverbescherming beschikbare ruimte drie hoofdtypen te onderscheiden:

1. Weinig of geen ruimte: doorgroeibare directe beschermingsconstructies
2. Meer ruimte: mogelijkheden voor oevervegetaties op flauwere taluds en plasbermen.
3. Veel ruimte en een ondiepe flauw hellende vooroever: mogelijkheden voor indirecte oeverbeschermingsconstructies en natuurtechnische milieubouw (natuurbouw).

6.3.1. Weinig of geen ruimte: doorgroeibare directe beschermingsconstructies

Dit is het geval bij een steile taludhelling zonder mogelijkheid een oeverstrook bij de bescherming te betrekken door bijvoorbeeld grondaankoop. Hierdoor zijn vanzelfsprekend weinig mogelijkheden voor een oevervegetatie aanwezig.
Men heeft in een dergelijke situatie de keus tussen een verticale oeverbeschermingsconstructie, een sterk glooiende constructie of een combinatie van beide.
De verticale beschoeiingen veroorzaken bij wind en scheepvaart in smalle vaarwegen een hinderlijk patroon van staande golven in het vaarwater. Er vindt opsluiting van de golfenergie plaats, waardoor de hydraulische belasting van de andere oevers wordt vergroot (PWS-F, 1982).
Indien de waterdiepte voor de verticale wand gering is, moet de bodem ook beschermd worden (b.v. met stortsteen of grind). Er zal anders

verdieping van de bodem optreden tot op de diepte waarop de golven de bodem niet meer beïnvloeden.
Een glooiende bescherming - met name een begroeide - met veel ruwheidselementen dempt de golven en de reflectie (Hagemeyer en Sessink, 1982). Er treedt echter bij een glooiende constructie van bijvoorbeeld stortsteen zgn. "bermvrees" op bij de scheepvaart (Terpstra, 1983).
De verticale beschoeiingen bieden alleen achter de beschoeiing mogelijkheden voor een vegetatie, omdat het milieu er voor veel te dynamisch is. Verticale oeverbeschermingen zijn voor dieren onaantrekkelijk en te water geraakte dieren kunnen veelal niet meer op de oever komen (Van Acht e.a., 1983; Drooger, 1983). Uit biologisch oogpunt gezien moeten verticale constructies zo min mogelijk worden toegepast.
De glooiende beschermingen bieden meer mogelijkheden, die met name in Duitsland zijn ontwikkeld en toegepast (o.a. Bittmann e.a., 1965; Schlüter, 1971; Pfeffer, 1978; Seibert, 1967).
In het boek "Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen" van Bittmann e.a. (1965) vindt men in de bijdragen van Bittmann en vooral van Wallner hiervan vele voorbeelden. In het boek "Lebendbau" van Schlüter (1971) worden evenals in vorengenoemde bijdrage van Bittmann de aanplantmethoden voor dit soort natuurtechnische oeverbeschermingen behandeld. Hagemeyer en Sessink (1982) en Chardon (1984) geven hiervan de hoofdzaken weer.
In grote lijnen komt het erop neer dat het talud vanaf de bodem tot net boven de gemiddelde waterlijn wordt beschermd met grof grind, stortsteen of gezette steen waarin vegetatie-elementen worden ingebouwd. Hierbij moet ervoor gezorgd worden dat de ingebouwde vegetatie-elementen "wortelcontact" met de ondergrond kunnen hebben.
In het "Rivers and Wildlife Handbook" van Lewis en Williams (1984) worden vele voorbeelden van oeverbeschermingen voor rivieren en watergangen genoemd.
De in Nederland toegepaste begroeide directe beschermingen worden vermeld in PWS-F (1982), Van Elderen (1981) en Steenkamp (1985).

Doorgroeibare oeverbeschermingsconstructies

In de handel zijnde min of meer doorgroeibare oeverbeschermingsconstructies zijn: Enka-mat, Gobi-mat, Grasbetontegels, (Riet)buideldoek,

Gabions, Armorflex, VOB-mat, Beto-mat, Terrafix-mat Fixtone(-mat), en Profix-mat. Een overzicht van deze materialen is gegeven in bijlage 6.1.

Rietbuideldoek is beperkt toepasbaar, omdat bij veel golfslag het bodem- en plantmateriaal uit de buidels spoelt. Daarnaast worden de met ballast gevulde buidels voor een onderwaterhelling van 1:3 verondersteld onvoldoende houvast te bieden aan het afstortmateriaal (Van Elderen, 1981).
De werkelijke doorgroeibaarheid van al deze constructies is nog niet goed onderzocht. De indruk bestaat dat de meeste kunststoffilterdoeken, gebruikt als ondergrond voor deze constructies, in enige mate doorgroeibaar zijn. Wel moet worden opgemerkt dat deze doorgroei alleen is geconstateerd bij filterdoek dat dicht onder het oppervlak ligt (orde 10-15 cm). Beneden de (hoog)waterlijn is echter bij een oriënterend onderzoek geen vegetatie aangetroffen (Steenkamp, 1985).

Een van de nieuwe ontwikkelingen in de oeverbeschermingsmaterialen is een combinatie van een granulair filter met kunststof. Hierbij wordt het granulaire filtermateriaal, dat tegelijkertijd de ballast vormt, verpakt in een matrix van kunststofdraden, waardoor het samenhang krijgt (KIVI, 1983). Over de doorgroeibaarheid zijn geen gegevens voorhanden, maar lijkt wel aannemelijk.
Een andere nieuwe ontwikkeling is de zand- en/of grindworstenmat (profix-mat). Deze bestaat uit twee lagen kunststofweefsel, welke met naden met tussenruimten van 20-40 cm aan elkaar zijn genaaid. Hierdoor ontstaan worsten die met zand (of anders samengesteld vulmateriaal) worden gevuld.
De doorgroeibaarheid en de mogelijkheid plantedelen (zaad, wortelstokken) met het vulmateriaal in te spuiten, moeten nog worden onderzocht. In Nigeria zijn oevers langs een rivier met succes met zandworstenmatten beschermd. De constructie bleek boven de waterlijn vanzelf te begroeien (zie foto 22).

Over de biologie van deze oeverbeschermingsmaterialen kan worden opgemerkt dat de levensmogelijkheden van planten en dieren worden bevor-

foto 19. Begroeide betonblokkenmat langs een vaart in Zuidelijk Flevoland. Op en onder de waterlijn vindt geen begroeiing van dergelijke constructies plaats, indien als basis een (dicht) filterdoek is toegepast.

foto 20. Idem, ander type.

foto 21. Enigszins doorgroeide grindbescherming langs het Veerse Meer (brak).

foto 22. Vegetatie opslag op een met zandworstenmatten beschermde rivieroever in Nigeria.

derd door beschermingsconstructies aan te leggen met een geringe bodemafsluiting en/of met een ruw oppervlak en door een grote variatie in materiaalgebruik (Van Acht, 1979).Zo blijkt de macrofauna van gobimatten een kleiner soortenspectrum te bezitten dan de macrofauna van met puin bestorte oevers (Roos en Goldschmidt, 1978).
Voor de technische eisen (materialen, dimensies, ontwerpregels, onderhoud) wordt verwezen naar het "Handboek oeverbeschermingsconstructies" van de Nederlandse Vereniging Kust- en Oeverwerken (Drooger, 1983) het "Eindrapport van de Projectgroep Onderzoek Oeververdedigingen, ingesteld door gedeputeerde staten van Friesland", (PWS-F, 1982) en naar "Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen", (Bittmann e.a., 1965)
Om een idee te krijgen volgt hier een aantal uit deze en andere werken overgenomen figuren.

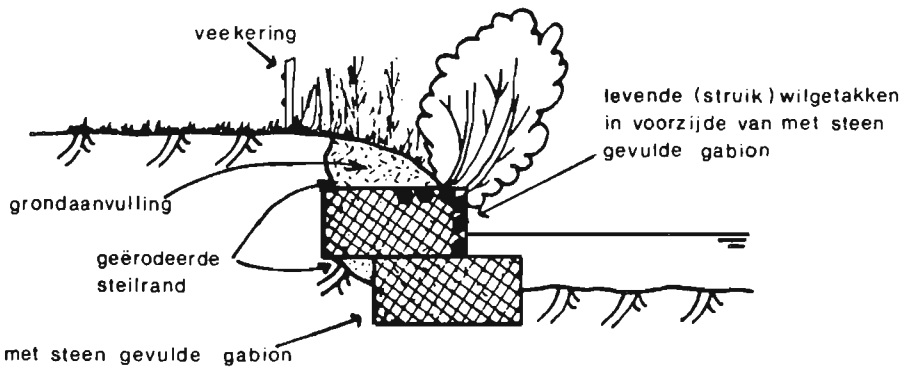


Fig. 52 *Toepassing van met steen gevulde gabions met aan de voorzijde ingebracht levend wilgehout, langs een watergang (Lewis en Williams, 1984).*

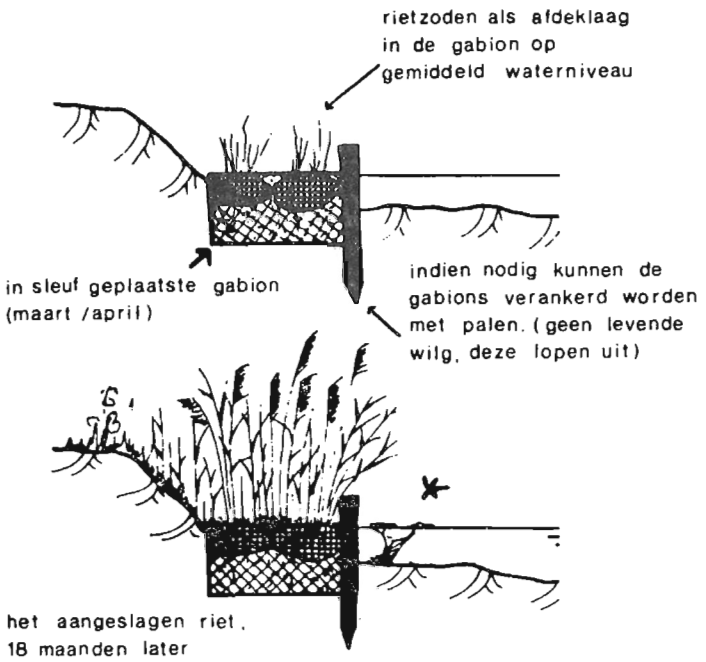


Fig. 53 *Oeverbescherming met rietzoden in met stenen gevulde gabions. Toegepast langs kleine wateren (Lewis en Williams, 1984).*

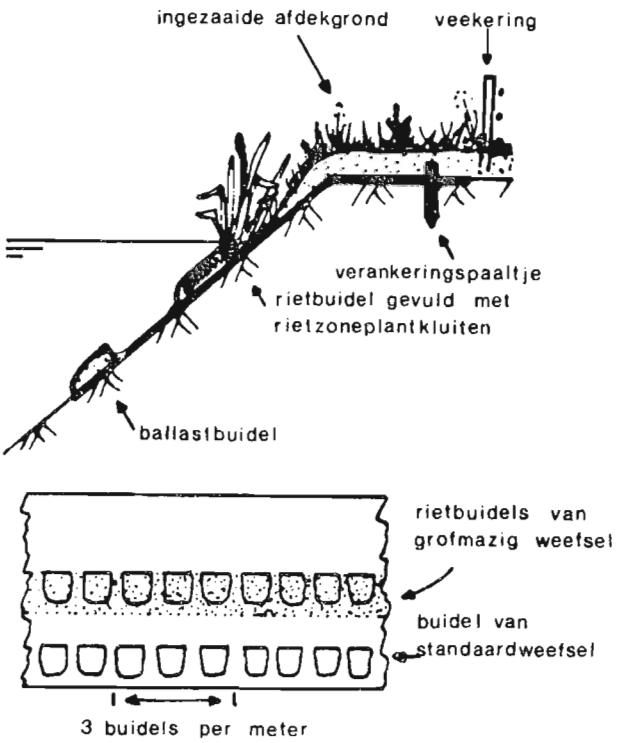


Fig. 54 *Toepassing van rietbuideldoek.*
Alleen succesvol langs rustig water (Lewis en Williams, 1984).

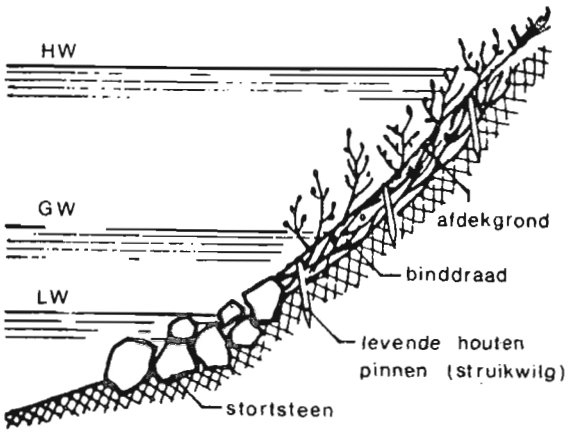


Fig. 55 *Oeverbescherming in buitenbocht van een kleine rivier met levend houten kraagstuk (Schmid, 1983).*

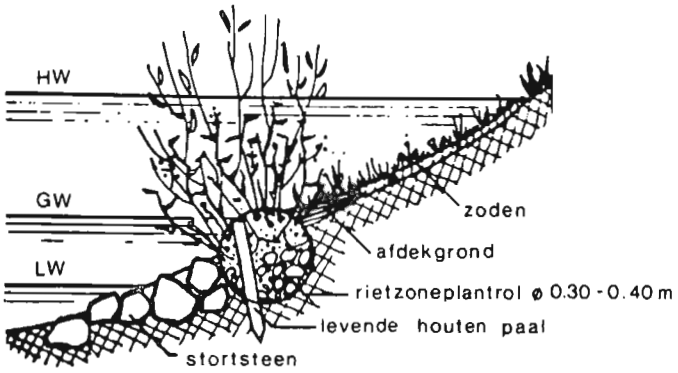


Fig. 56 *Met rietzoneplanten-rol beschermde binnenbocht van een kleine rivier (Schmid, 1983).*

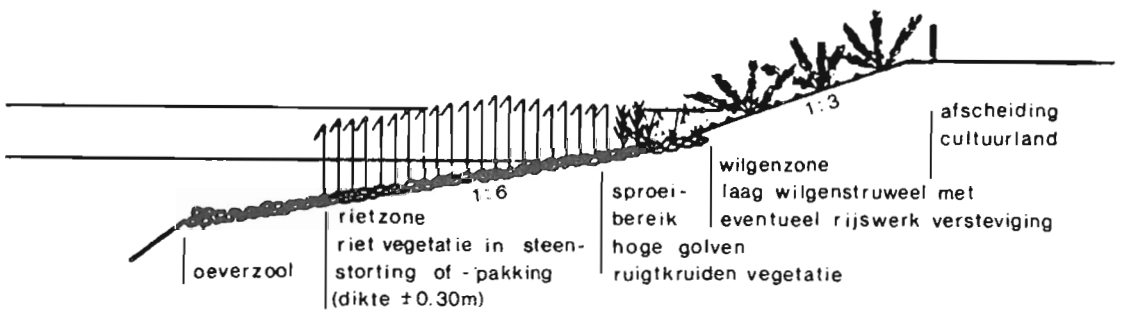


Fig. 57 *Schets natuurtechnische oeverbescherming Maas-oevers (bij optimale bezetting van de vegetatie-zones) (de Boer, 1978).*

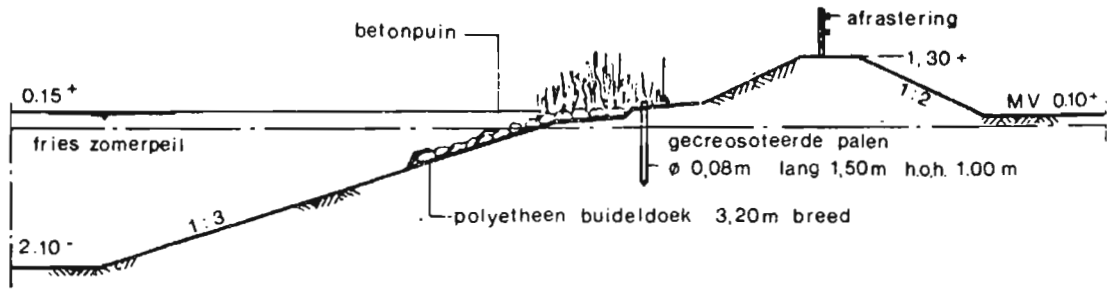


Fig. 58 *Oeverbescherming langs Dokkumer Ee; pleziervaart en kleine beroepsvaart (PWS-F, 1982).*

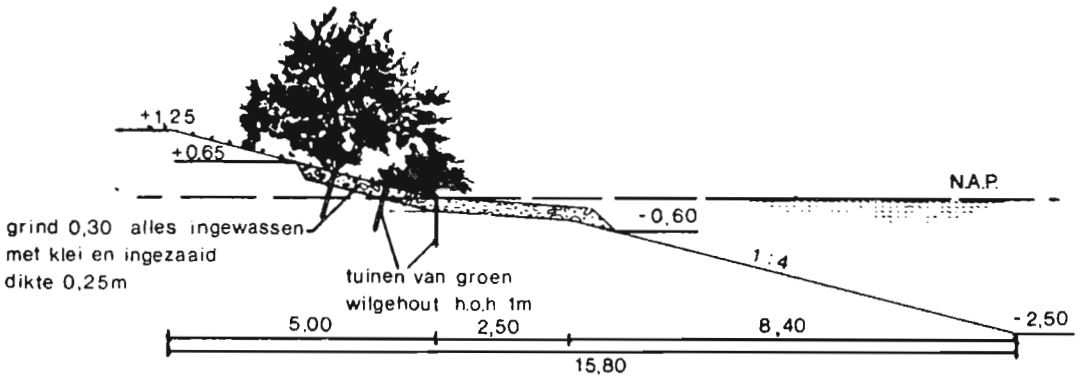


Fig. 59 *Wilgenoever langs "diep" water (KIVI, 1983).*

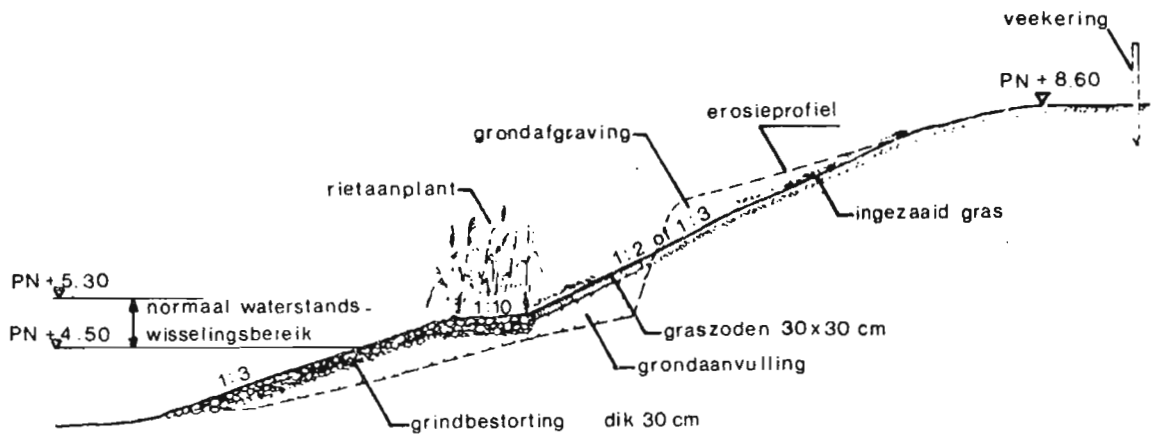


Fig. 60 *Oeverbescherming langs de rivier de Eider in noord West-Duitsland; weinig scheepvaart (Wallner, 1965).*

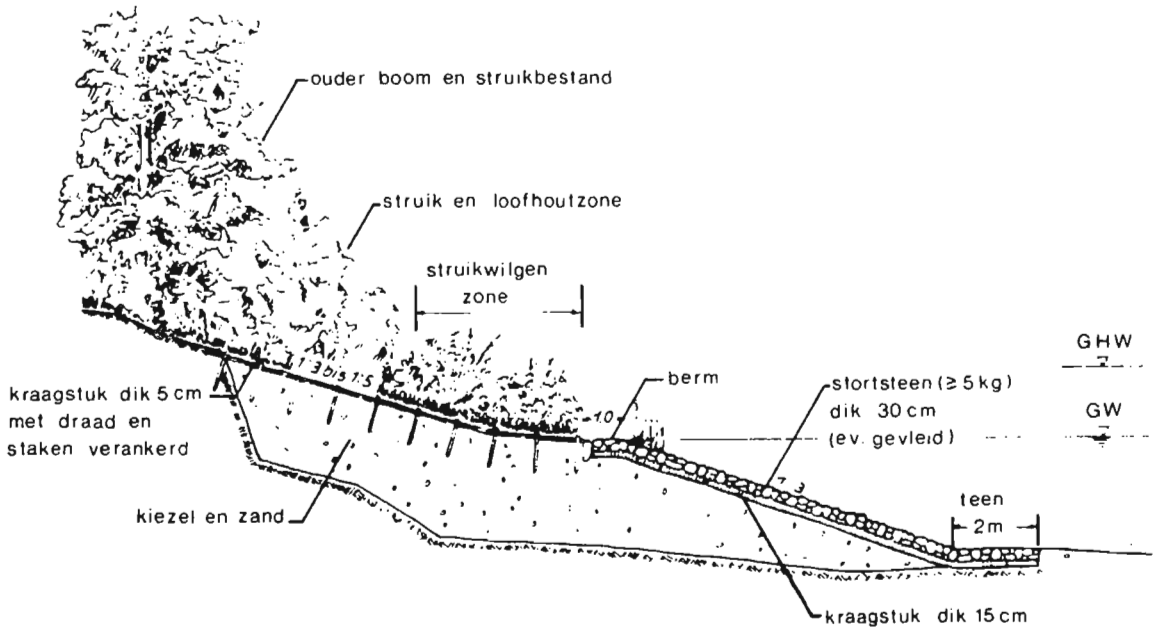


Fig. 61 *Oeverbescherming langs de gekanaliseerde Mittelweser in midden West-Duitsland; scheepvaart (Wallner, 1965).*

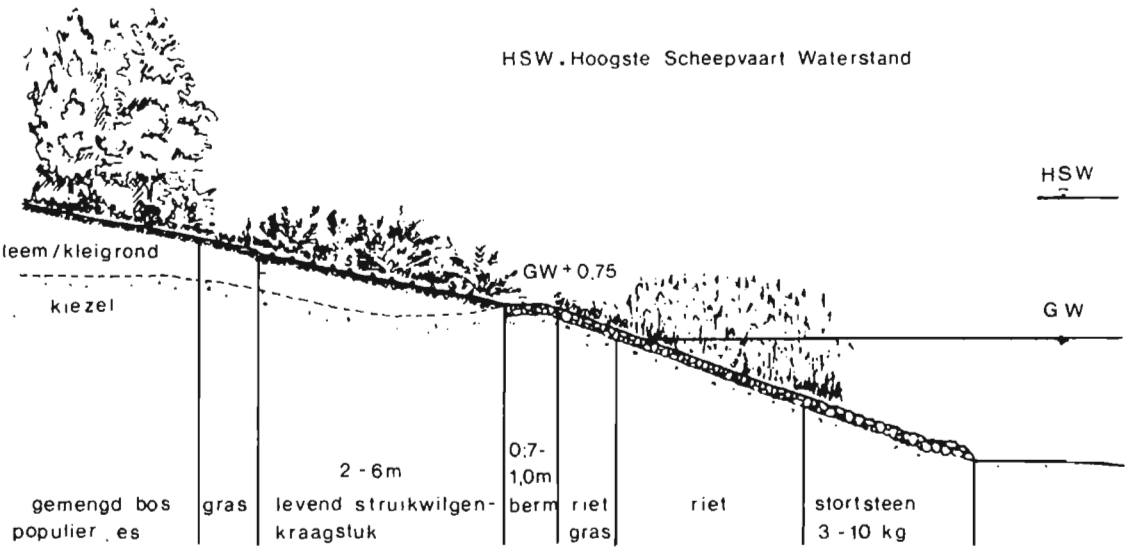


Fig. 62 *Oeverbescherming langs een fijnzandige inbochtende oever van de gedeeltelijk gestuwde Aller in noord West-Duitsland (Wallner, 1965).*

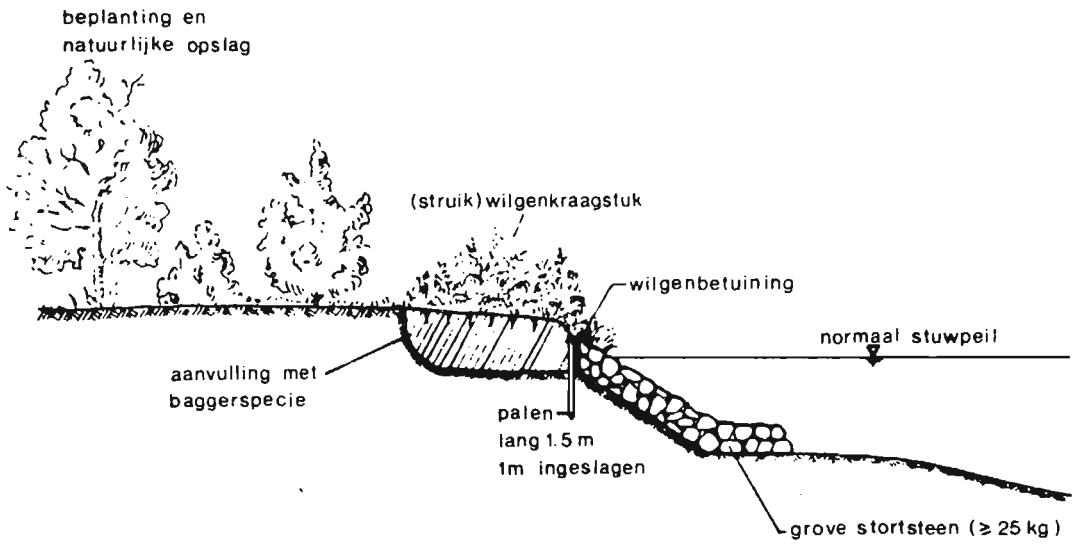


Fig. 63 *Oeverbescherming bij een smalle oeverzone langs de gekanaliseerde Untermain in zuid Duitsland; veel scheepvaart (Wallner, 1965).*

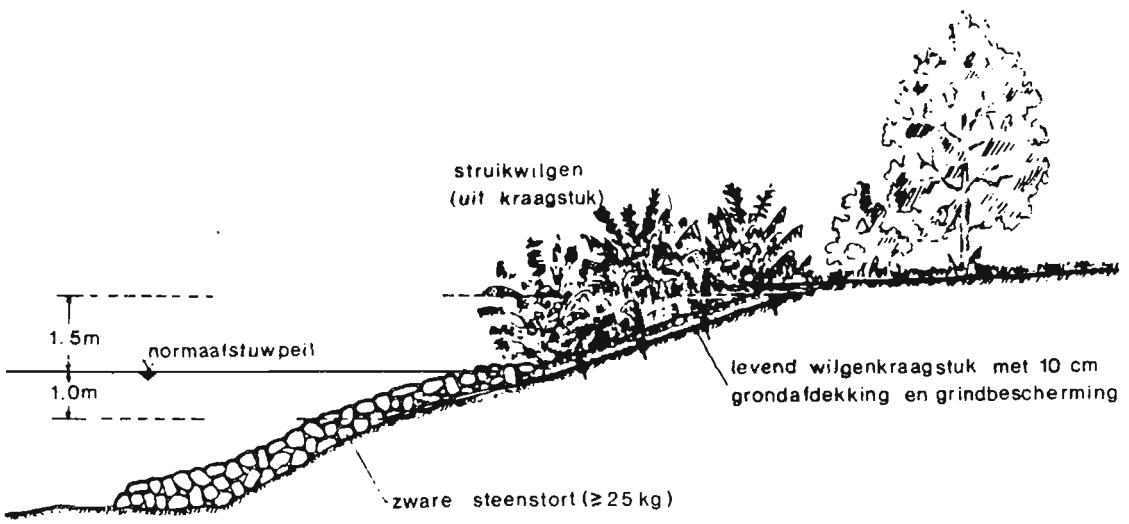


Fig. 64 *Oeverbescherming langs de gekanaliseerde Untermain in zuid Duitsland; veel scheepvaart (Wallner, 1965).*

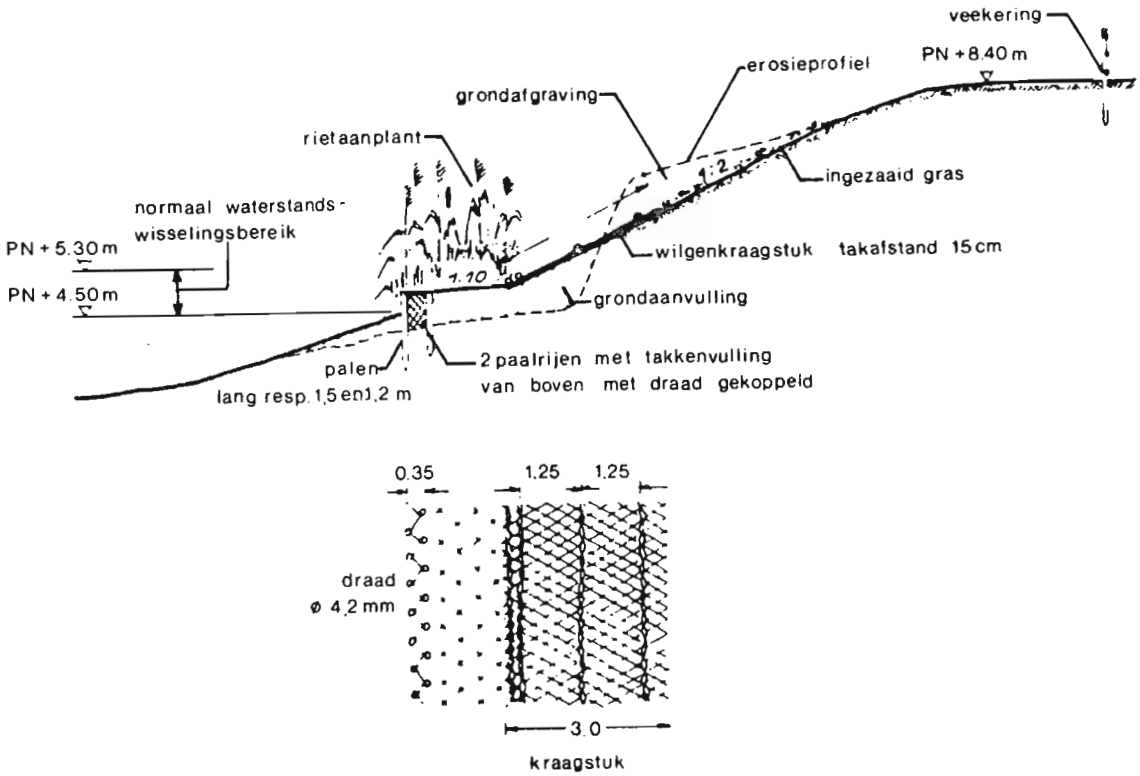


Fig. 65 *Oeverbescherming langs de rivier de Eider in noord West-Duitsland; weinig scheepvaart (Wallner, 1965).*

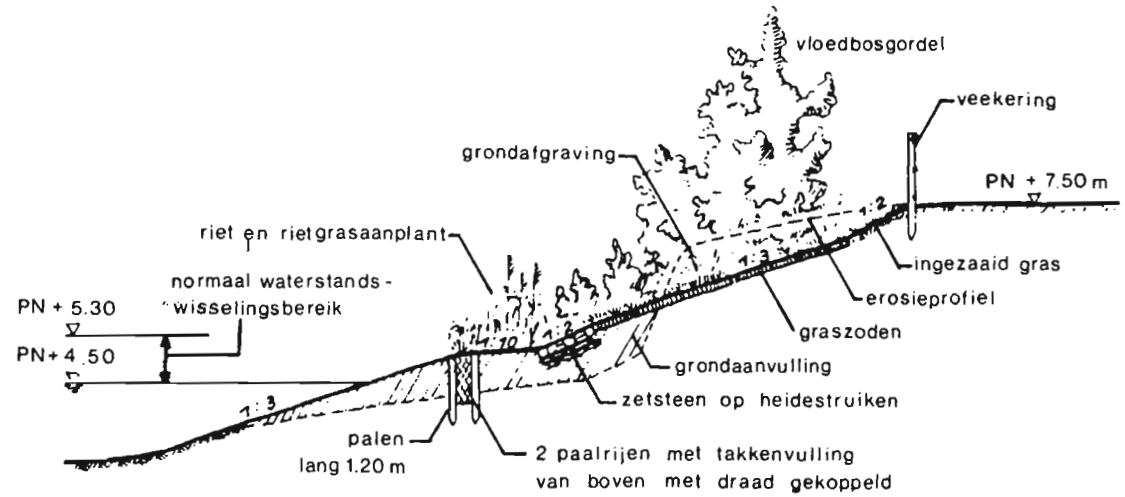


Fig. 66 *Oeverbescherming langs de rivier de Eider in noord West-Duitsland; weinig scheepvaart (Wallner, 1965).*

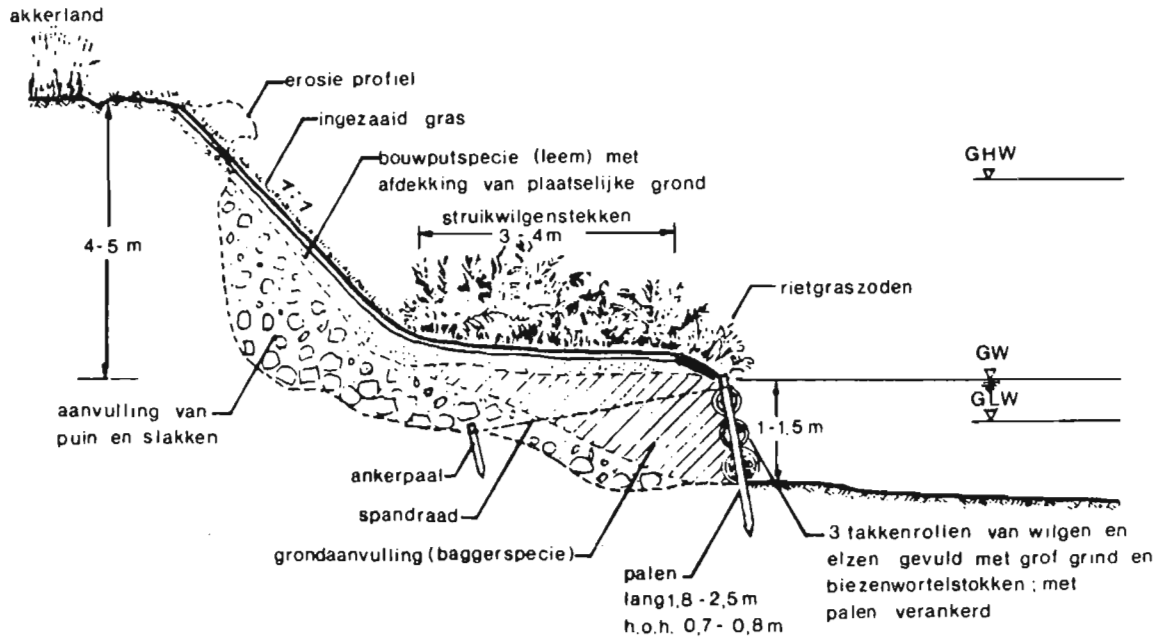


Fig. 67 *Oeverbescherming langs een steiloever van de rivier de Lahn in midden West-Duitsland; geen beroepsvaart (Wallner, 1965).*

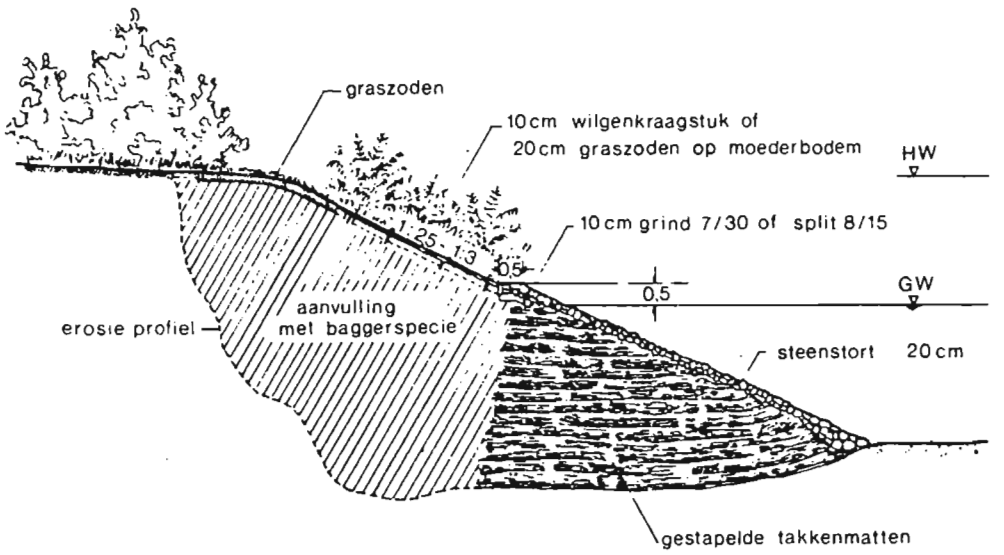


Fig. 68 *Oeverbescherming met "pakwerkdam" langs een sterk geërodeerde oever van de Eems in noord West-Duitsland; scheepvaart (Wallner, 1965).*

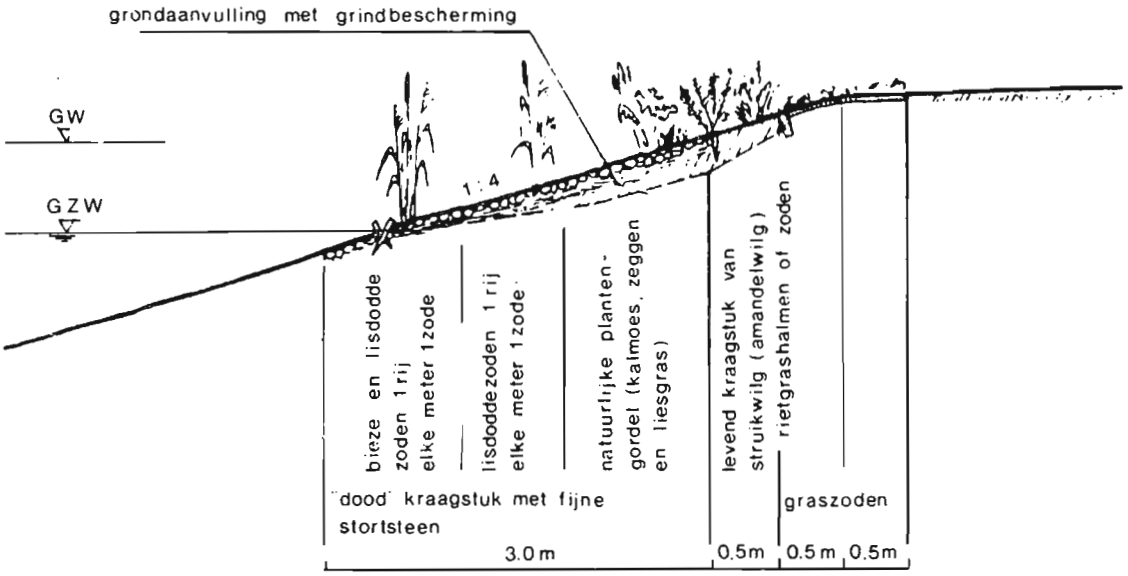


Fig. 69 *Oeverbescherming langs de haven van Bleckede (langs de Elbe bij Hamburg) (Wallner, 1965).*

6.3.2. Meer ruimte: mogelijkheden voor oevervegetaties op flauwere taluds en plasbermen

Indien er in het oeverprofiel ruimte is voor een oevervegetatie of er mogelijkheden zijn het oeverprofiel zodanig aan te passen dat hiervoor ruimte gemaakt kan worden, dan moeten in de meeste gevallen de voor erosie kwetsbare zones van de oeverstrook - de aangrijpingspunten van de (wisselende) waterspiegel en de knikken in het talud - met technische middelen worden beschermd. Afhankelijk van de golfaanval komt hiervoor grof grind tot (zware) stortsteen in aanmerking.
Het in figuur 70 afgebeelde ideale oevertype zal, wanneer het wordt toegepast op een te geëxponeerde oever, op deze aangrijpingspunten en knikken moeten worden beschermd.

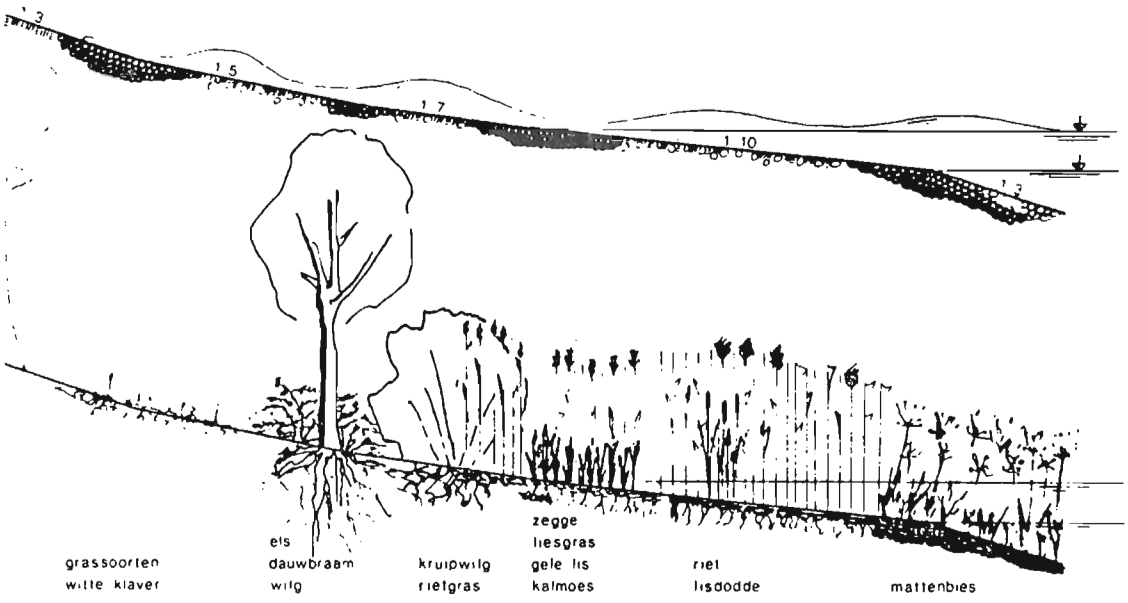


Fig. 70 *Het op de aangrijpingspunten en knikken beschermde zgn. ideale talud (Hagemeijer en Sessink, 1982).*

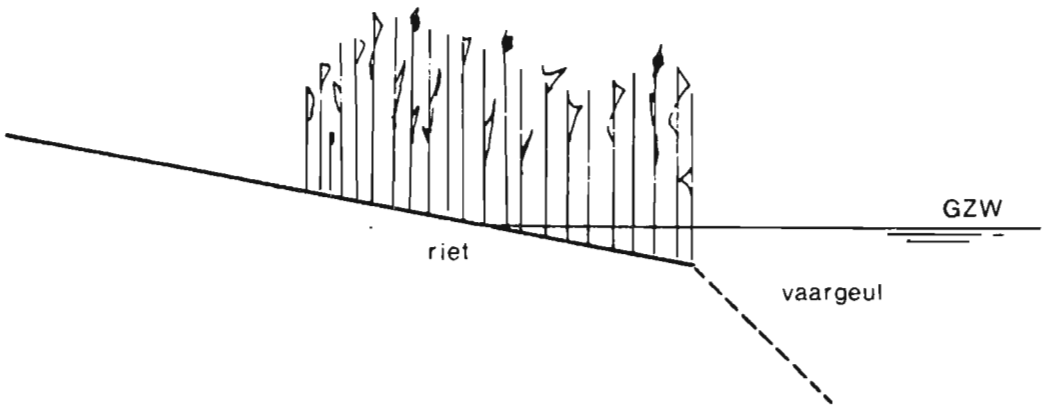
In de Nederlandse literatuur zijn verschillende in deze situaties toepasbare natuurtechnische oeverbeschermingssystemen beschreven. Hier zullen de belangrijkste typen uit de literatuur opgesomd worden. Het betreft voornamelijk toepassingen geschikt voor kleinere wateren (kanalen, vaarten, kleine meren en plassen).

Uit Hagemeijer en Sessink (1982):

1. Oevertypen zonder knik en één hellingshoek (zie fig. 71 t/m 75).
   De steilheid van het talud bepaalt de lengte van de rietkraag. Riet groeit in bevaren wateren niet dieper dan ongeveer 0,60 m. In de figuren zijn vier praktische modellen gegeven over een beplanting van een oever onder één taludhelling.

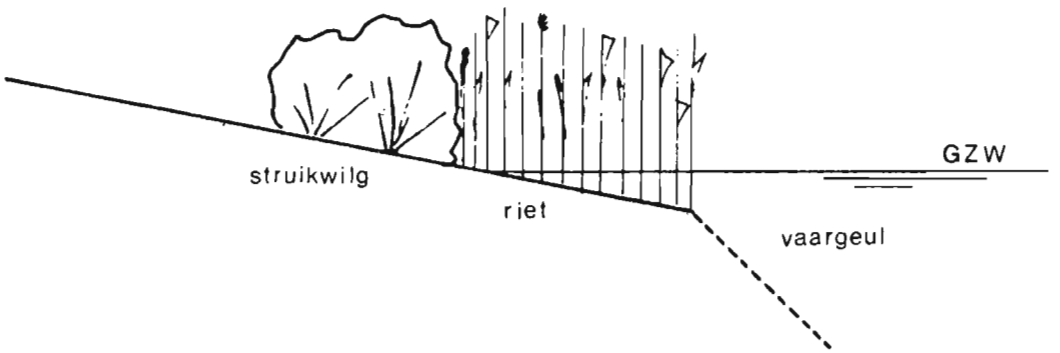
2. Oevertypen met knik en een plasberm aan de oeverzijde (zie fig. 76 t/m 79).
   In het rustige watermilieu acher de eerste bescherming krijgt riet een goede kans om uit te groeien tot een volwassen rietkraag in ondiep water. De combinatie van harde materialen (stortsteen) en natuurlijk levend materiaal is "ijzersterk". Een nevenvoordeel van deze methode is dat de aanplant (en later de volgroeide rietkraag) gevrijwaard blijft van recreatieboten.
   De kap - een (lichte) verhoging aan het begin van een plasberm - beperkt de golfoploop, zodat de plasberm minder breed hoeft te zijn om (begroeid) voldoende golfdempend te werken.

3. Oevertypen met knik en een plasberm aan de waterzijde (zie fig. 80 t/m 81).
   De knik kan maximaal 0,50 m boven de waterspiegel liggen in verband met de boom- of struikbeplanting.
   De plasberm mag voor de aanleg van een rietkraag (in elk geval gedeeltelijk niet dieper zijn dan 0,20 m; anders verdrinkt het jonge riet. De plasberm kan zowel horizontaal, als iets hellend lopen tot 0,60 m onder de (gemiddelde) waterspiegel.
   Bij de aanleg van een rietberm is het aan te bevelen om de waterspiegel tijdelijk tot op het plasbermniveau te laten zakken.
   De plasbermbreedte zal bij recreatievaart breder moeten zijn dan in de meeste literatuur wordt aanbevolen. De reden hiervoor is het relatief grote motorvermogen in relatie tot de kleine lengte van de recreatievaartuigen. De secundaire golven zijn daardoor schadelijker en deze worden juist in de plasberm gedempt.



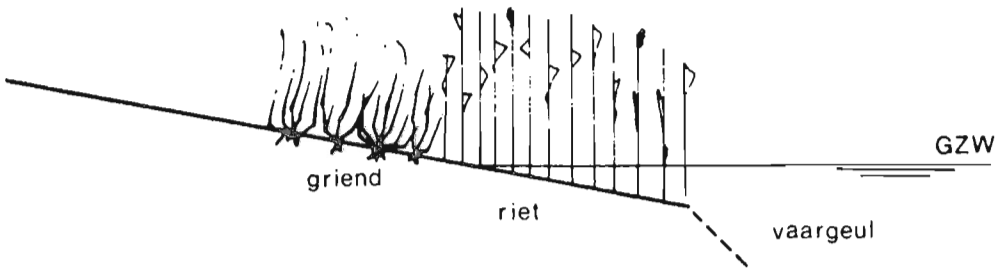
Onderhoudstechni sch levert deze oever de minste problemen op. In tegenstelling tot het ideale type heeft men slechts te maken met één plantesoort. Er kan zowel vanaf het water als vanaf de oever gemaaid worden.

Fig. 71 Oevertype zonder knik en met één hellingshoek met alleen riet. (Hagemeyer en Sessink, 1982).



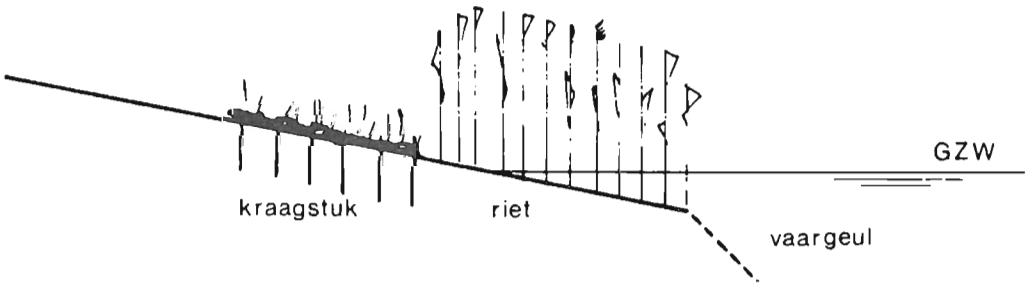
Deze struikwilgen vergen weinig onderhoud en blijven redelijk laag. Men zou ook boomwilgen op els kunnen gebruiken, maar die moet men dan laag houden (knotten) om de beschaduwing van de rietkraag te beperken. Het riet kan alleen vanaf het water gemaaid worden.
De struikwilgen maken de rietkraag vanaf de landzijde minder toegankelijk.

Fig. 72 Oevertype zonder knik en met één hellingshoek met riet en struikwilgen (Hagemeyer en Sessink, 1982).



Het griend wordt elk jaar of desnoods om de 3 à 4 jaar gekapt. Gelet moet dan worden op de rietontwikkeling in verband met de schaduwwerking.

Fig. 73 *Oevertype zonder knik en met één hellingshoek met riet en griend (Hagemeyer en Sessink, 1982).*



Vooral in de aanlegfase is een kraagstuk erg praktisch. Tussen de twijgen van het kraagstuk kunnen rietpollen geplaatst worden, die van daaruit het diepere water kunnen koloniseren.
Het kraagstuk groeit door middel van adventief wortels vast in de bodem en groeien vanzelf tot wilgenstruiken uit.

Fig. 74 *Oevertype zonder knik en met één hellingshoek met riet en een kraagstuk (Hagemeyer en Sessink, 1982).*

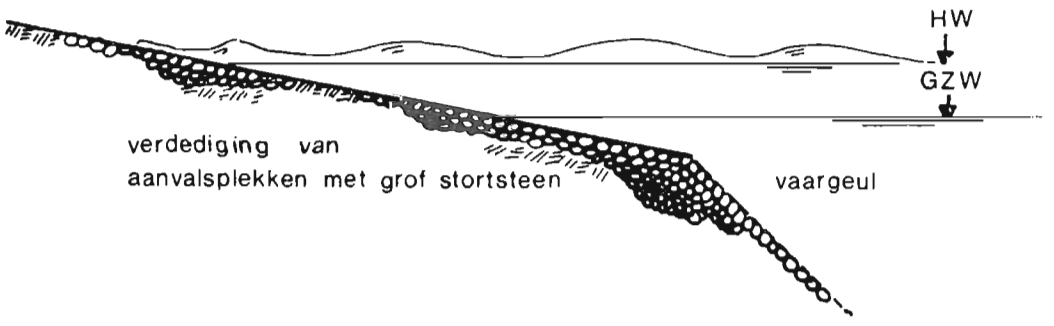
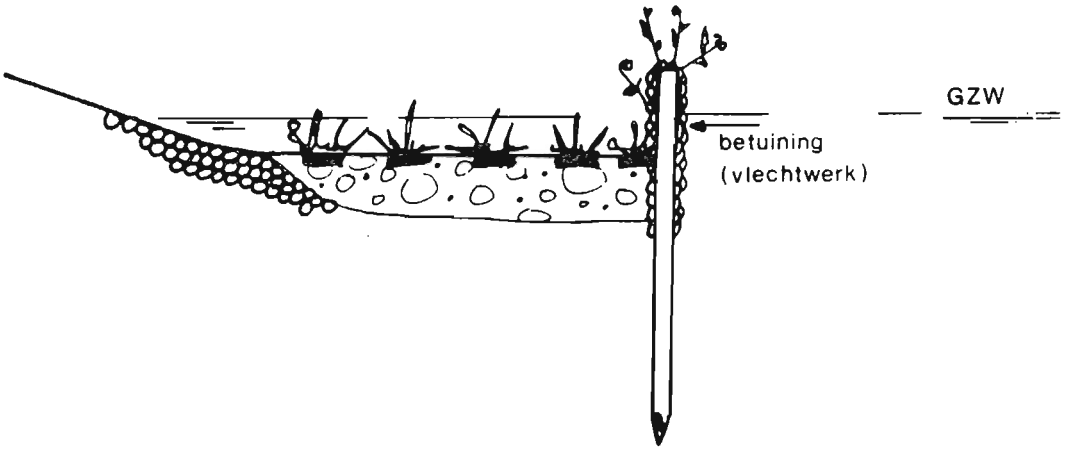
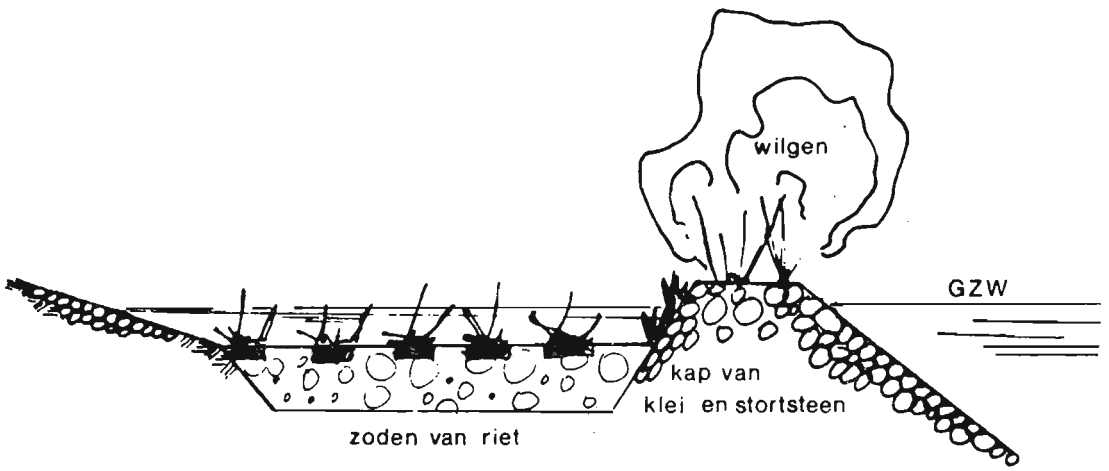


Fig. 75 *De kwetsbare aanvalsplekken van een oevertype zonder knik en met één hellingshoek kunnen eventueel beschermd worden met stortsteen of grind.*
(Hagemeyer en Sessink, 1982).



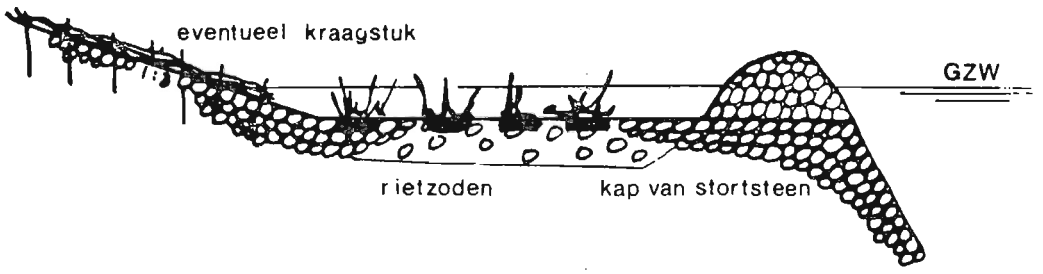
Toegepast langs de Lage Vaart in Zuidelijk Flevoland. Maaien van het riet moet vanaf de oever gebeuren.

Fig. 76 Oevertype met knik en plasberm met een betuining van wilgehout (Hagemeijer en Sessink, 1982).



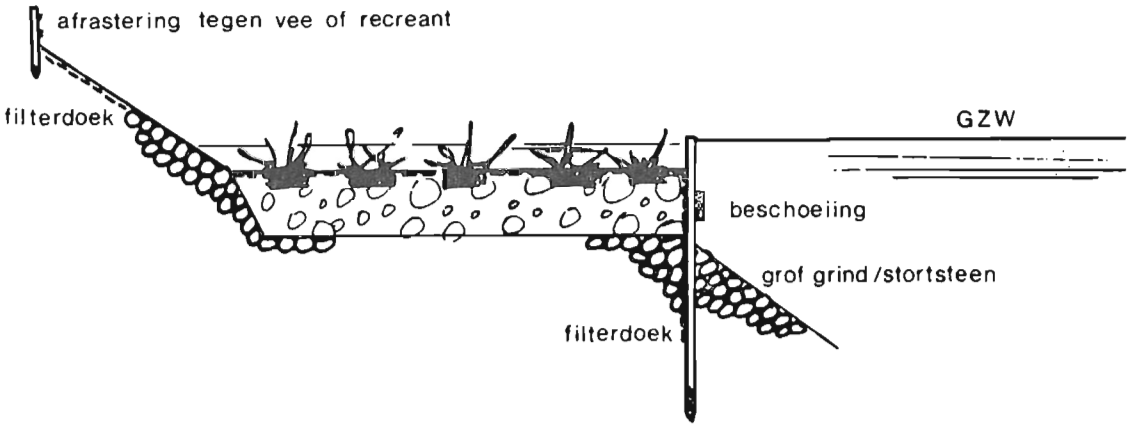
De kap kan met wilgestekken beplant worden. Maaien van het riet moet dan vanaf de oever. Let op de schaduwwerking.

Fig. 77 Oevertype met knik en een plasberm met een kap van klei en stortsteen (Hagemeijer en Sessink, 1982).



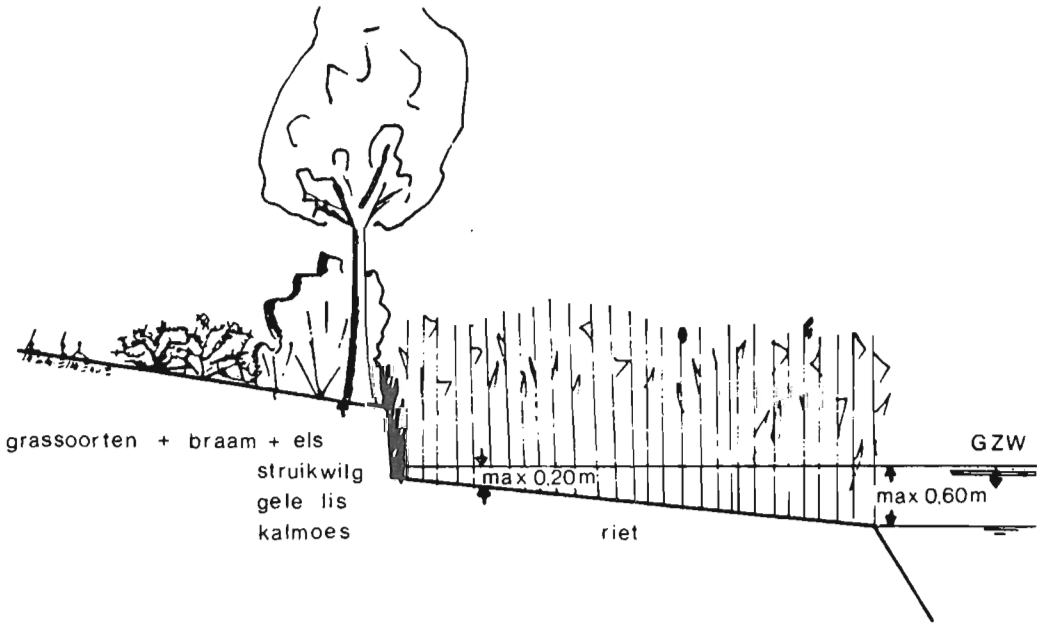
Aan de oeverzijde kan eventueel een kraagstuk worden gemaakt. Maaien van het riet zal vanaf de oever moeten gebeuren.

Fig. 78 Oevertype met knik en een plasberm met een kap van grove stortsteen (Hagemeijer en Sessink, 1982).



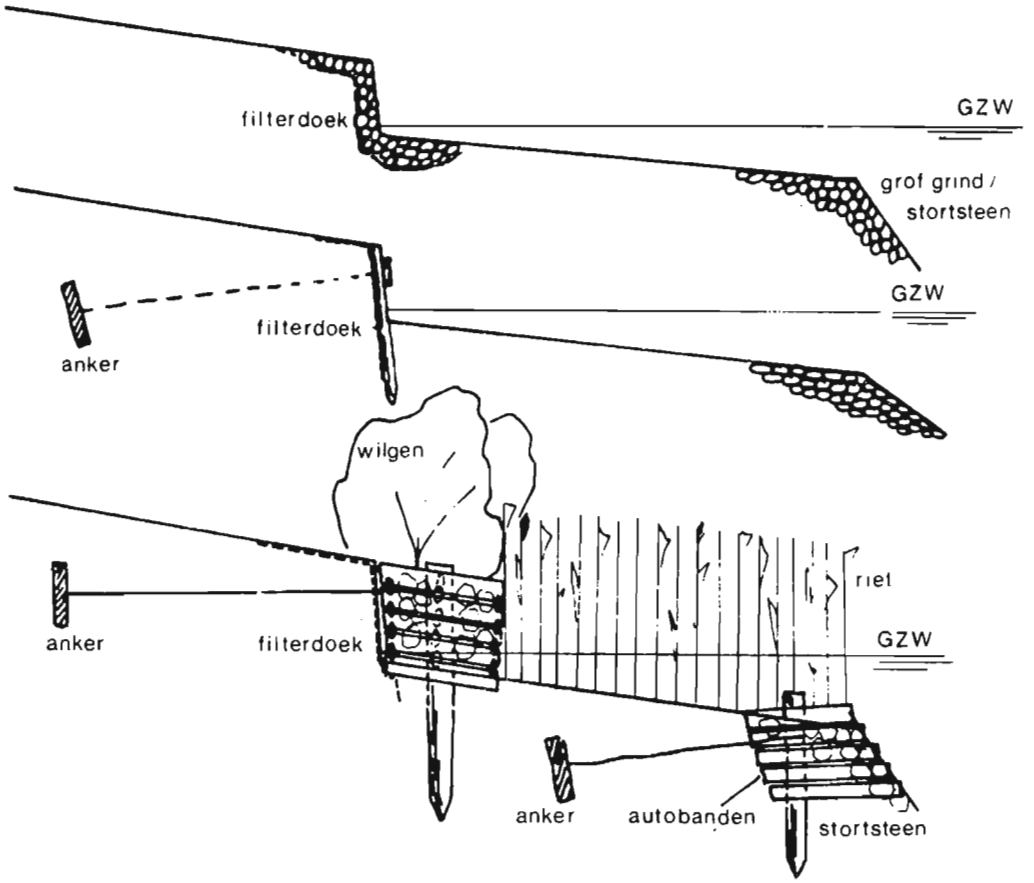
Beschoeiïng maken. De plasberm wordt opgevuld met grof materiaal en bodemmateriaal. Dit kan men een jaar laten zetten tot maximaal 20 cm onder de waterspiegel. Dan worden rietkluiten aangebracht. Het maaien van het riet kan vanaf het water en vanaf het land gebeuren.

Fig. 79 *Oevertype met knik en een plasberm aan de oeverzijde met beschoeiïng (Hagemeijer en Sessink, 1982).*



Op de steilrand kunnen struiken en bomen, zoals els en wilg, de bodem goed vasthouden en van nature of aangeplant zijn soorten als gele lis en kalmoes in staat op de steilrand te groeien. Braamstruiken kunnen eventueel worden aangeplant om recreanten uit de overzone te weren. Een natte plasberm weert ook sportvissers en recreanten. Maaien van de rietkraag dient vanaf de waterzijde te gebeuren.

Fig. 80 *Oevertype met knik en plasberm aan de waterzijde zonder aanvullende technische beschermingsmaatregelen.*



De knikken in het talud kunnen beschermd worden door toepassing van stortsteen, een damwand of autobanden. Er kunnen natuurlijk meer technische oplossingen uit een scala van harde tot minder harde materialen toegepast worden. Gekozen dient te worden voor de meest milieuvriendelijke materialen. Een damwand is in verband met de barrière-werking voor de fauna niet aan te bevelen.

Fig. 81 *Oevertypen met knik en plasberm aan de waterzijde, met aanvullende technische beschermingsmaatregelen (Hagemeyer en Sessink, 1982).*

4. Oevertypen met gedeeltelijk tijdelijke voorziening (zie fig. 82 en 83).

Vooral bij de aanleg in woelig water is deze methode onmisbaar. Wanneer na enkele jaren de eerste bescherming in de vorm van een kleikap of golfschot wordt weggehaald of erodeert, is de rietkraag inmiddels gevestigd. Dé eerste jaren wordt de aanplant op deze manier ook beschermd tegen recreatie-invloeden vanaf het water.

Bij de aanleg van een plasberm is het bij het inplanten van een nieuwe grondslag noodzakelijk deze zich eerst te laten zetten. Anders bestaat een verhoogde kans op losraken van de aanplant.

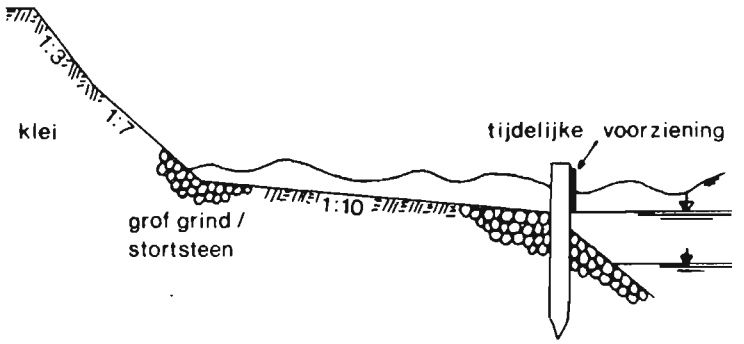


Fig. 82 *Oevertype met gedeeltelijk een tijdelijke voorziening in de vorm van een golfschot. (Hagemeijer en Sessink, 1982).*

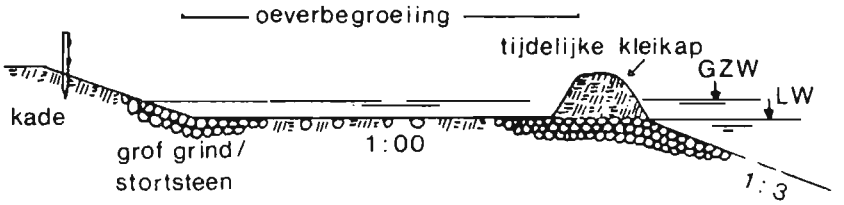


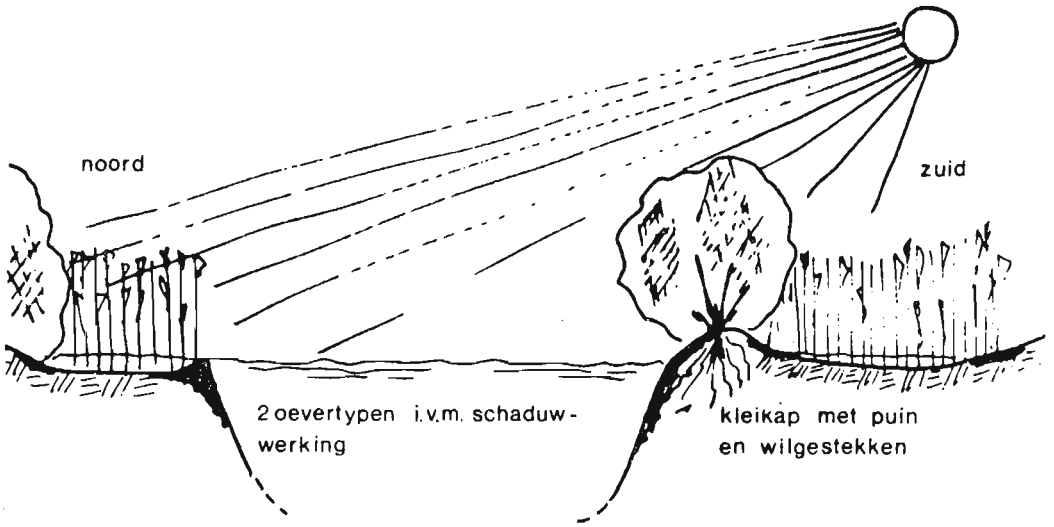
Fig. 83 *Oevertype met gedeeltelijk een tijdelijke voorziening in de vorm van een kleikap (Hagemeyer en Sessink, 1982).*

5. Combinaties van oevertypen aan één waterweg (zie fig. 84).

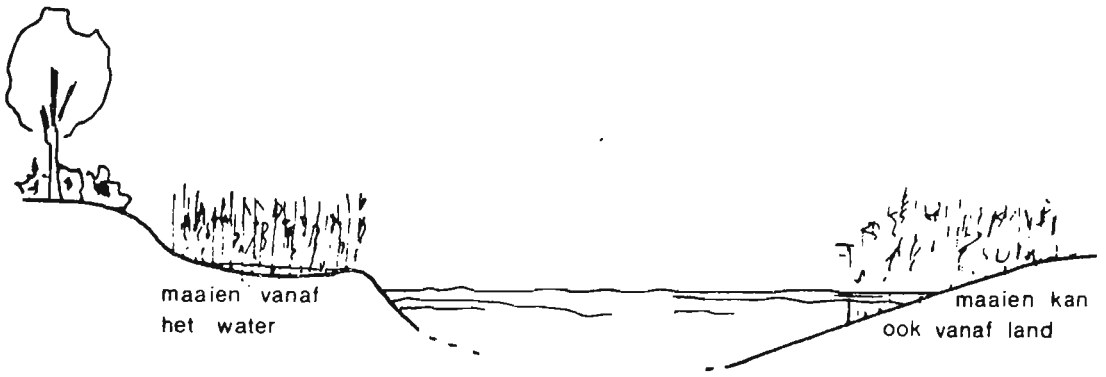
In verband met de kans op beschaduwing, c.q. bescherming tegen recreatievaart, van de rietkraag kan men ertoe besluiten verschillende oevertypen in één waterweg toe te passen. Ook de beschikbare ruimte voor een oeverstrook of andere technische problemen kunnen

hiervoor een motief vormen. Het kan aan te bevelen zijn om oplopende schepen de kans te geven elkaar te passeren. Er kan dan over een te berekenen lengte een verbreed vaarwater gecreëerd worden.

In figuur 84A is een oever met knik en een plasberm aan de oeverzijde gecombineerd met een tegenoverliggende oever met knik en een plasberm aan de waterzijde. De bomen beschaduwen zo of het water of de oeverwal, maar niet de rietkraag. Indien men niet met bomen of struiken wenst te werken valt het probleem van beschaduwing weg.
In verband met ruimtegebrek kan men bijvoorbeeld besluiten de ene oeverzijde van een steil talud te voorzien en de andere van een glooiend talud, met of zonder knik. De dwarsdoorsnede wordt dan asymetrisch (fig. 84B).



A: toepassing van 2 oevertypen aan één kanaal



B: asymmetrisch profiel

Fig. 84 Combinaties van oevertypen aan een vaart (Hagemeijer en Sessink, 1982).

Men moet wel bedenken dat twee tegenover elkaar liggende oeverbeschermingsmethoden elkaar beïnvloeden. Als de ene oever boven en onder de waterlijn een steile wand heeft kan de golfenergie bijna volledig teruggekaatst worden. Er ontstaat een "staande golf", die naar de tegenoverliggende oever loopt.

6. Algemene opmerkingen

De hier beschreven methoden zijn in de praktijk sterk te variëren in al de elementen. Er is voor geen enkel water een standaard oplossing.

Er is veel variatie mogelijk in de uitwerking van bruikbare typen. Dit geldt vooral voor:

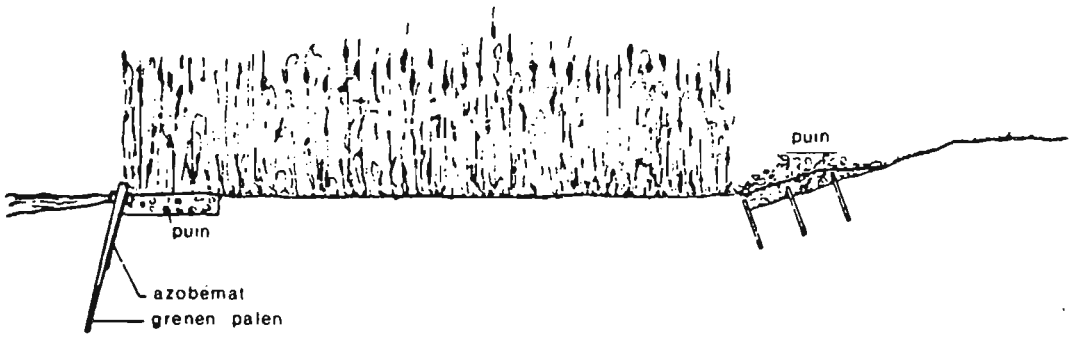
a. materiaalkeuze van de beschoeiing; men kan zelfs zoeken naar "onverwoestbare" materialen als plastic palen of zelfs glas;
b. materiaalkeuze van de afrastering;
c. soort en zwaarte van de stortsteen en eventueel het gebruik van bindmiddel;
d. variatie in de vaargeultaluds;
e. variatie in taludhelling van de kade;
f. variatie in de helling van de plasberm;
g. variatie in de plasbermbreedte;
h. variatie in doorlatendheid en materiaal van de kap;
i. variatie in de hoogte van de kap (zichtbaar of onzichtbaar);
j. variatie in de samenstelling van de oevervegetatie.

Gedegen kennis van de verwachte waterbewegingen, de kenmerken van de taludbodem en de kansen voor de oevervegetatie etc. ter plaatste is noodzakelijk.

Proefvakken zijn voor grote projecten onmisbaar om fiasco's te vermijden.

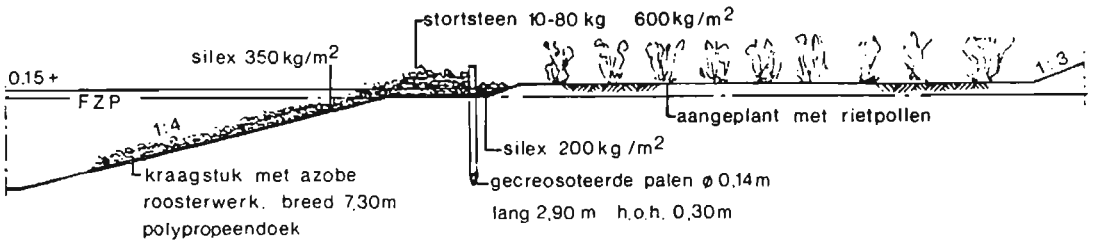
Uit PWS-F (1982) en Van Elderen (1981):

De figuren 85 t/m 89 geven een beeld van een aantal natuurtechnische oeverbeschermsingsconstructies met plasberm toegepast of voorgesteld voor vaarwegen en meren in Friesland.



Opm.: Voor de kwaliteit van de rietberm is het beter deze 0,2 m lager aan te leggen.

Fig. 85 *Rietberm langs de noordzijde van de Fluessen (PWS-F, 1982).*



Opm.: Voor de kwaliteit van de rietberm is het beter deze 0,2 m onder de waterspiegel aan te leggen; eventueel onder een flauwe helling.
De gehele constructie kan 0,25 m lager worden aangelegd.
Eventueel kunnen wat kortere palen worden gebruikt.

Fig. 86 *Oeverbescherming met rietberm langs rijksweg nr. 50 door het Tjeukemeer (oostzijde) (PWS-F, 1982).*

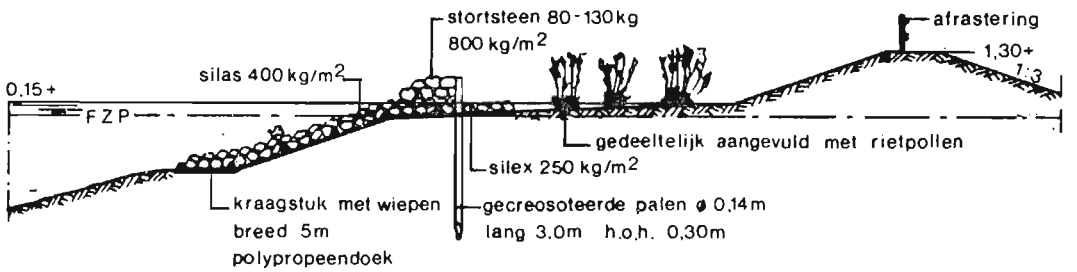
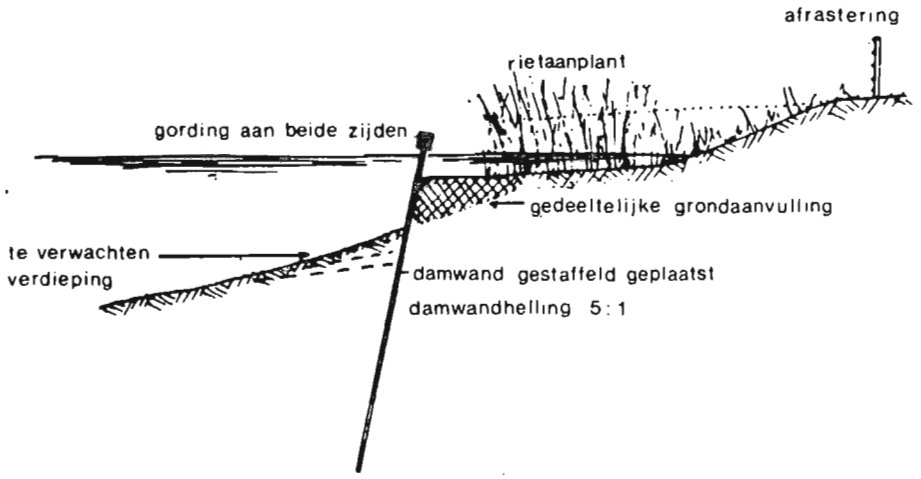


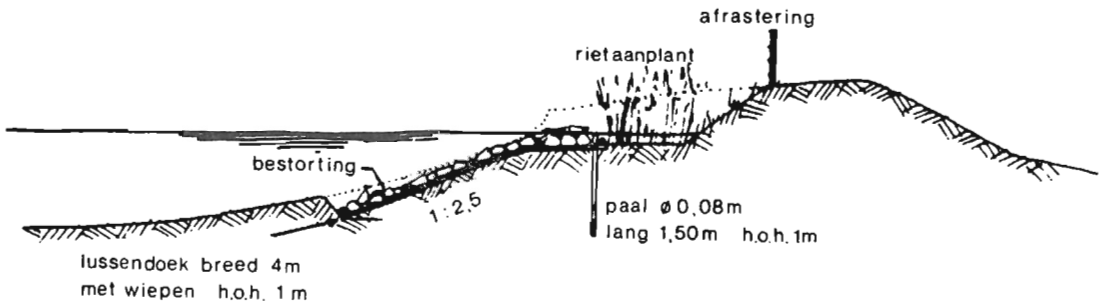
Fig. 87 *Constructie met plasberm langs Fluessen (Van Elderen, 1981).*



Bepalende factoren voor het ontwerp:

- geen aanleg recreatieboten gewenst
- oevervegetatie landschappelijk gewenst
- grondaankoop problematisch.

Fig. 88 *Voorgestelde constructie voor oeverherstel van een drukbevaren scheepvaartkanaal (PWS-F, 1982).*

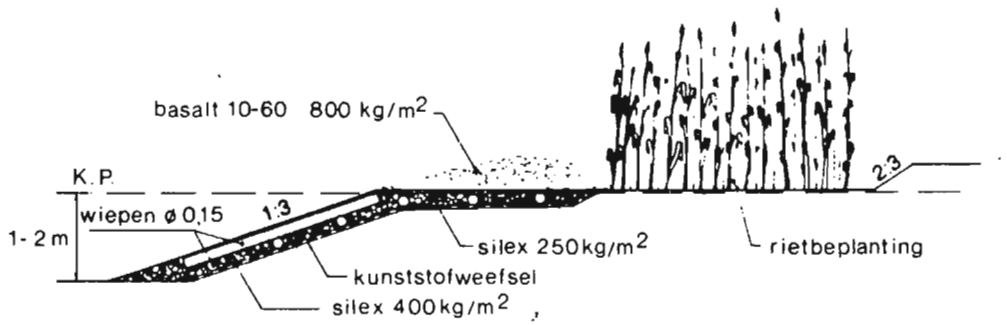


Bepalende factoren voor het ontwerp:

- geen aanleg recreatieboten gewenst
- voor oeverrecreatie (hengelaars) neutraal
- oevervegetatie landschappelijk gewenst.

Fig. 89 *Voorgestelde constructie voor oeverherstel van een recreatievaarweg (PWS-F, 1982).*

Uit het "Handboek Oeverbeschermingsconstructies", Drooger (1983):
Twee natuurtechnische oeverbeschermingsconstructies met plasberm, die toegepast kunnen worden op grotere wateren of vaarwegen met intensieve scheepvaart (zie fig. 90 en 91).

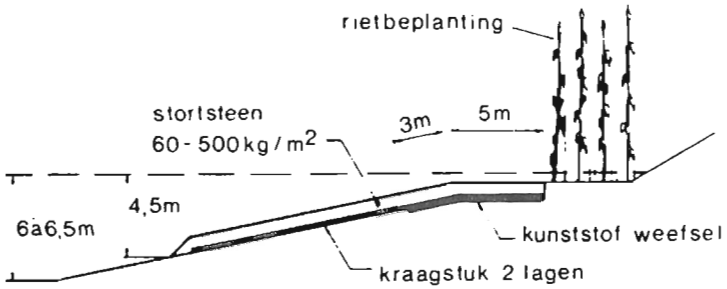


Opm.: Voor de kwaliteit van de rietberm is het beter deze 0,2 m lager aan te leggen, eventueel onder een flauwe helling.

Fig. 90 *Rietberm met bestorting (Drooger, 1983).*

Toepassing van de constructie in figuur 9 is mogelijk in een recreatie(meren)gebied.
De oeverbeschermingsconstructie wordt voornamelijk belast door windgolven en door de waterbeweging, die recreatievaartuigen opwekken.
Bescherming van de rietstrook tegen deze belasting wordt gegeven door de basaltlaag. Deze laag kan bij minder zware belasting evenredig lichter worden uitgevoerd.

Bij de aanleg van de constructie dient extra aandacht te worden besteed aan de volgende punten:
- Aansluiting diverse constructieonderdelen:
  . de basaltlaag sluit goed aan op de rietbeplanting
  . de bestorting bedekt de wiepen goed
  . overgang van bestorting naar onverdedigd talud/bodem
- Filterlaag:
  . voldoende bedekt door bestorting
  . goede aansluiting op ondergrond
- De wiepen dienen onder water te blijven.

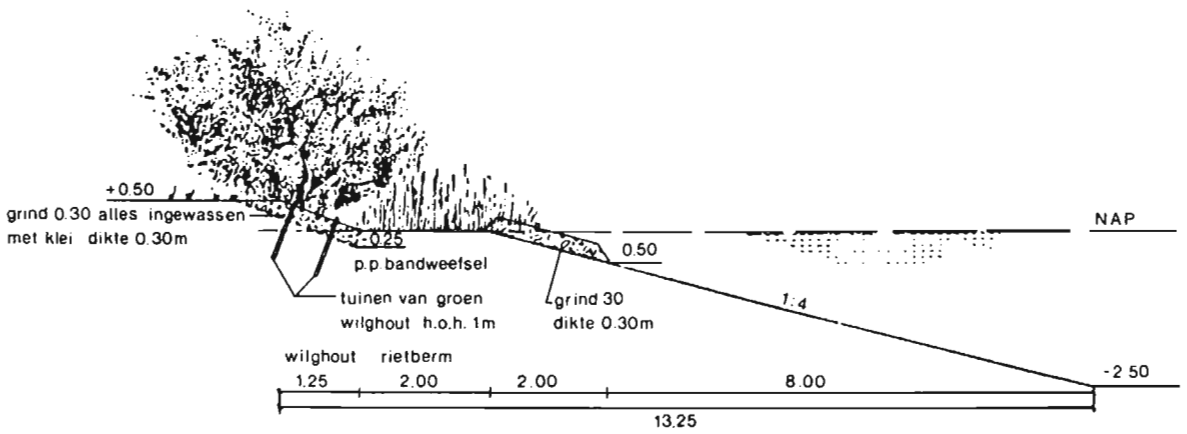


Opm.: De plasberm dient zo breed mogelijk gemaakt te worden. Bij sterk aangevallen oevers is waarschijnlijk bescherming van de knik achter de plasberm noodzakelijk.

Fig. 91 *Storsteenglooiing met plasberm (Drooger, 1983).*

De constructie in figuur 91 voldoet aan de eisen om toegepast te worden langs een vaarweg, waarop duwvaart voorkomt. Alleen stortsteen 10-60 is voldoende voor een vaarweg waarop geen duwvaart wordt aangetroffen. De constructie kan worden toegepast in een tijgebied. Wanneer het achterliggende land laag ligt (bijvoorbeeld slikken), heeft dit tot gevolg dat dit gebied tijdelijk onder water staat.
Het profiel is gedemensioneerd op golven en stroom.

Uit "Kust en oeverwerken in praktijk en theorie" K en O (1979):



Opm.: Voor de kwaliteit van de rietberm is het beter deze ca. 0,20 m lager aan te leggen; eventueel onder een flauwe helling

Fig. 92 *Oeverbescherming met plasberm. De rietkraag is aangeplant met in perspotten (kas) gekweekt riet. Het riet en de uitlopende groene wilgetuinen groeien door het grind en houden dit vast (K en O, 1979).*

In Linke en Meisner (1969) wordt een principe profiel voor een oeverbescherming met plasberm langs een bevaren rivier gegeven (zie fig. 93.).

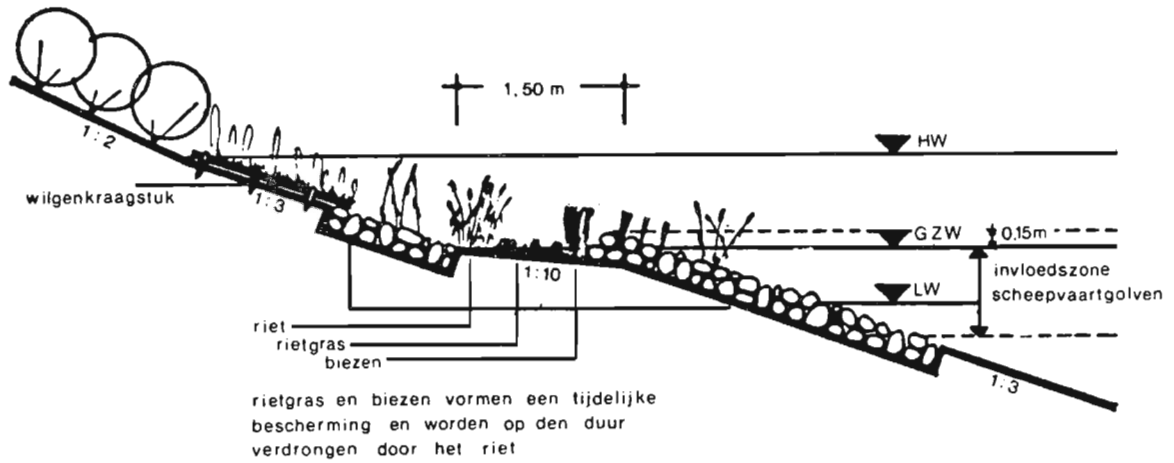


Fig. 93 *Principe profiel voor een oeverbescherming met plasberm langs een bevaren rivier (Linke en Meisner, 1969).*

In het "Rivers and Wildlife Handbook" (Lewis en Williams, 1984) en in het boek "Ökologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Fliessgewässern" (DVWK, 1984) worden vele praktijkvoorbeelden langs rivieren en beken in respectievelijk Engeland en West-Duitsland beschreven. Hiervoor wordt naar deze werken verwezen.

Langs het Bathse Spuikanaal is de in figuur 94 afgebeelde plasbermconstructie aangelegd.

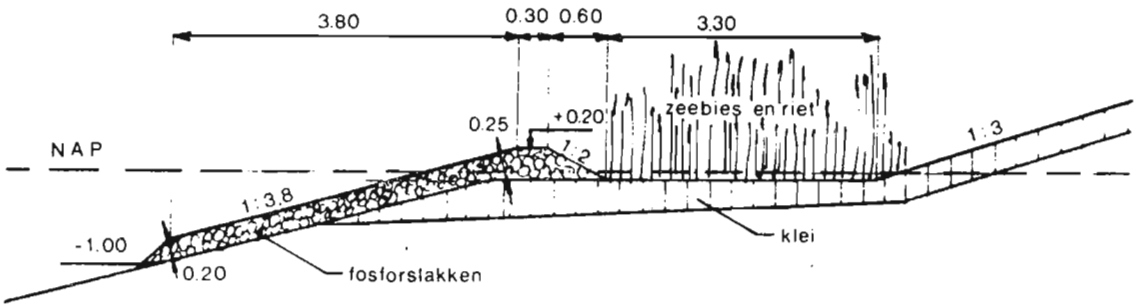


Fig. 94 *Oeverbescherming met plasberm zoals toegepast langs het Bathse Spuikanaal (aangelegd 1983/84, RWS-Deltadienst).*

foto 23. Oeverbescherming met plasberm langs het Bathse Spuikanaal.

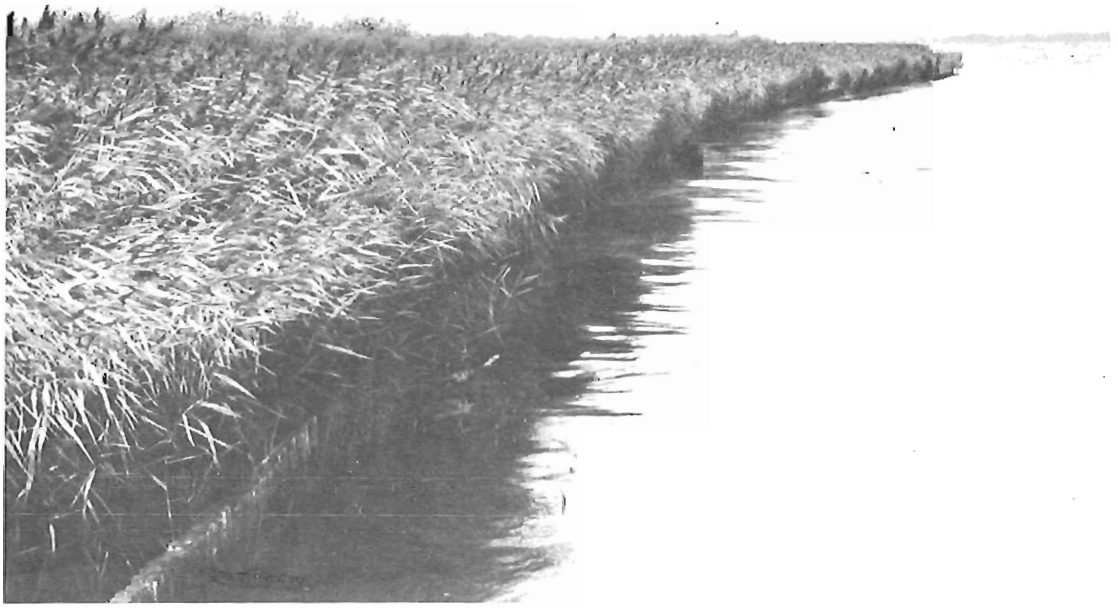


foto 24. Een door een paalscherm beschermde, met riet aangeplante en volgegroeide plasberm in het Lauwersmeer.

In de nota "Overijsselse Vecht, oeverbescherming en haar relevante belangen" (RWS Directie Overijssel, 1985) staan de in figuur 95 afgebeelde mogelijkheden voor een oeverbescherming met plasbermen langs de Overijsselse Vecht.

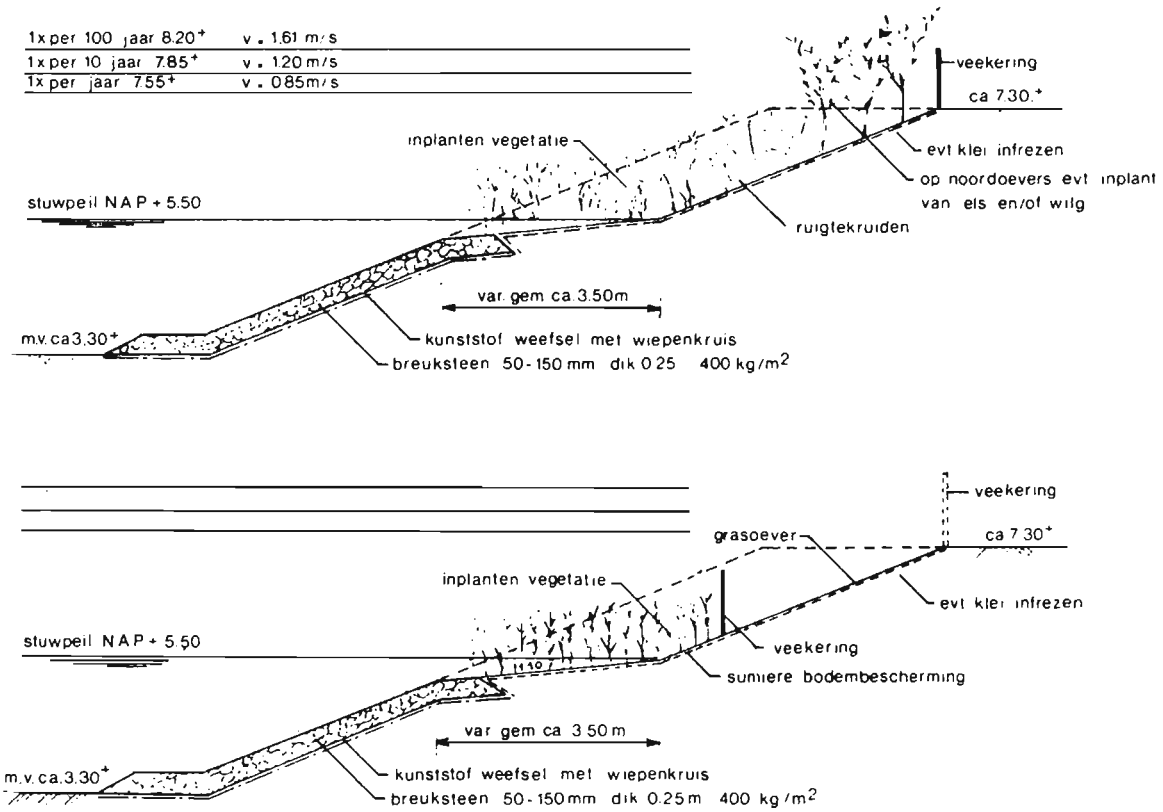


Fig. 95 *Twee voorbeelden van mogelijk toe te passen oeverbeschermingsconstructies met plasberm langs de Overijsselse Vecht. (RWS-Directie Overijssel, 1985).*

6.3.3. Veel ruimte en een ondiepe flauw hellende vooroever: mogelijkheden voor indirecte oeverbeschermingsconstructies en natuurtechnische milieubouw

Wanneer de breedte van een oever zodanig is dat veel ruimte beschikbaar is voor een oevervegetatie en andere natuurfuncties, maar welke zich door de heersende golfomstandigheden niet kunnen ontwikkelen, geeft dit aanleiding tot meer op natuurtechnische milieubouw gerichte ontwerpen van oeverbeschermingssystemen. Deze situatie doet zich veelal voor in grote wateren.

In hoofdlijnen komt het erop neer, dat door middel van technische constructies de standplaatsfactoren zodanig gewijzigd worden dat landschapsecologisch waardevolle en oeverbeschermende oevervegetaties zich kunnen ontwikkelen.
Daarnaast zijn er mogelijkheden om in combinatie met het aanbrengen van specie aansluitend aan de oeverbeschermingsconctructies potentieel natuurwetenschappelijk waardevolle gebieden te creëren (natuurtechnische milieubouw).
Dit soort indirecte oeverbeschermingssystemen zijn, in de vorm van op de vooroever gelegen grinddammen - met of zonder stortsteenkap - en of grindmatrassen, toegepast in het brakke Veerse Meer en het zoute Grevelingenmeer om de natuurlijke, dynamische overgang water-land niet te verstoren en de aanwezige ondiepe vooroevers in deze bekkens te behouden. Dit voornamelijk vanwege de hoge natuurwaarden (m.n. de vogelfunctie) van deze gebieden en de recreatiefunctie van de oevers (Anonymus, 1969; Anonymus, 1972).
Er zijn verschillende indirecte oeverbeschermingstypen te onderscheiden:

1. Grind- of stortsteendammen op de vooroever.
2. Grind- of stortsteenmatrassen op de vooroever.
3. Combinaties van grind- of stortsteendammen en -matrassen op de vooroever.
4. Combinaties van grind- of stortsteendammen of matrassen met summiere directe oeverbeschermingen.
5. Combinaties van een grind- of stortsteendam met een (gebiedseigen) specie opspuiting: een beschermde zanddam.

Belangrijke aspecten bij het ontwerpen van deze typen en combinaties van vooroeverbeschermingen zijn:

- de optredende golven (wind/scheepvaart)
- de optredende waterstandswisselingen
- de hoogteligging van het oeverland
- de afstand vooroeverbescherming - oever (i.v.m. achter de constructie opgewekte windgolven).

foto 25. Toepassing van een vooroeverbescherming in de vorm van een grinddam (Veerse Meer, zomerpeil)(zie ook fig. 98).

foto 26. Toepassing van een vooroeverbescherming in de vorm van een, bij zomerpeil net onder water liggende, grindmatras (Aardbeieneiland, Veerse Meer, bij winterpeil = 0,70m lager dan zomerpeil)(zie ook fig. 99).

foto 27. Ver uit de oever gelegen vooroeverbescherming in de vorm van een grinddam met stortsteenkap in het Grevelingenmeer (zie ook fig. 101).

foto 28. Idem bij storm. De golfdempende werking is goed te zien.

In de figuren 96 t/m 102 worden voorbeelden van toegepaste indirecte oeverbeschermingen gegeven. De voorbeelden zijn afkomstig uit het Veerse Meer, het Grevelingenmeer en de Oude Maas.
In het volgende hoofdstuk wordt het Spuimondgebied (Kuypers, 1985; Ouweneel, 1985) in het Haringvliet als praktijkvoorbeeld van de toepassing van verschillende indirecte oeverbeschermingen in één gebied beschreven.

6.4. MOGELIJKHEDEN VOOR NATUURTECHNISCHE MILIEUBOUW

Naast een beschermde zanddam, waarvan in figuur 100 een voorbeeld in het Veerse meer en in 7.2 een praktijkvoorbeeld in het Haringvliet wordt beschreven, zijn natuurlijk meerdere mogelijkheden voor natuurbouw in combinatie met oeverbeschermingsconstructies te bedenken. Zo kan bijvoorbeeld de vooroever plaatselijk en in meer of mindere mate opgehoogd worden: aansluitend aan de oeverlijn, aansluitend aan de vooroeverbescherming of niet aansluitend. (Zie figuur 103).

Bij het toepassen van natuurbouw in oevergebieden dient met een aantal aspecten rekening te worden gehouden.

- Er dient zoveel mogelijk te worden aangesloten op de geomorfologie van de oeverzone en het aangrenzende land. Zo moet op natuurlijke wijze worden voortgebouwd op het bestaande reliëf en het bestaande afwateringssysteem.
- Er dient zoveel mogelijk te worden aangesloten op de bestaande bodemsamenstelling en -opbouw. Geen toepassing van afwijkende en/of vervuilde specie.
- De uiteindelijke hoogteligging (na klink) van de opspuitingen is bepalend voor de begroeiing en de mogelijke functies (broeden, foerageren, e.d.).
- De oeverhellingen dienen zo flauw mogelijk te worden afgewerkt om de natuurfuncties optimaal te kunnen verwezenlijken.
- Bij het ontwerp dient rekening te worden gehouden met eventueel noodzakelijke (natuur)beheersmaatregelen (o.a. toegankelijkheid) en dient zo mogelijk een beheersvisie te worden opgesteld.

6.5. BESCHERMING TEGEN VEE EN VOGELS

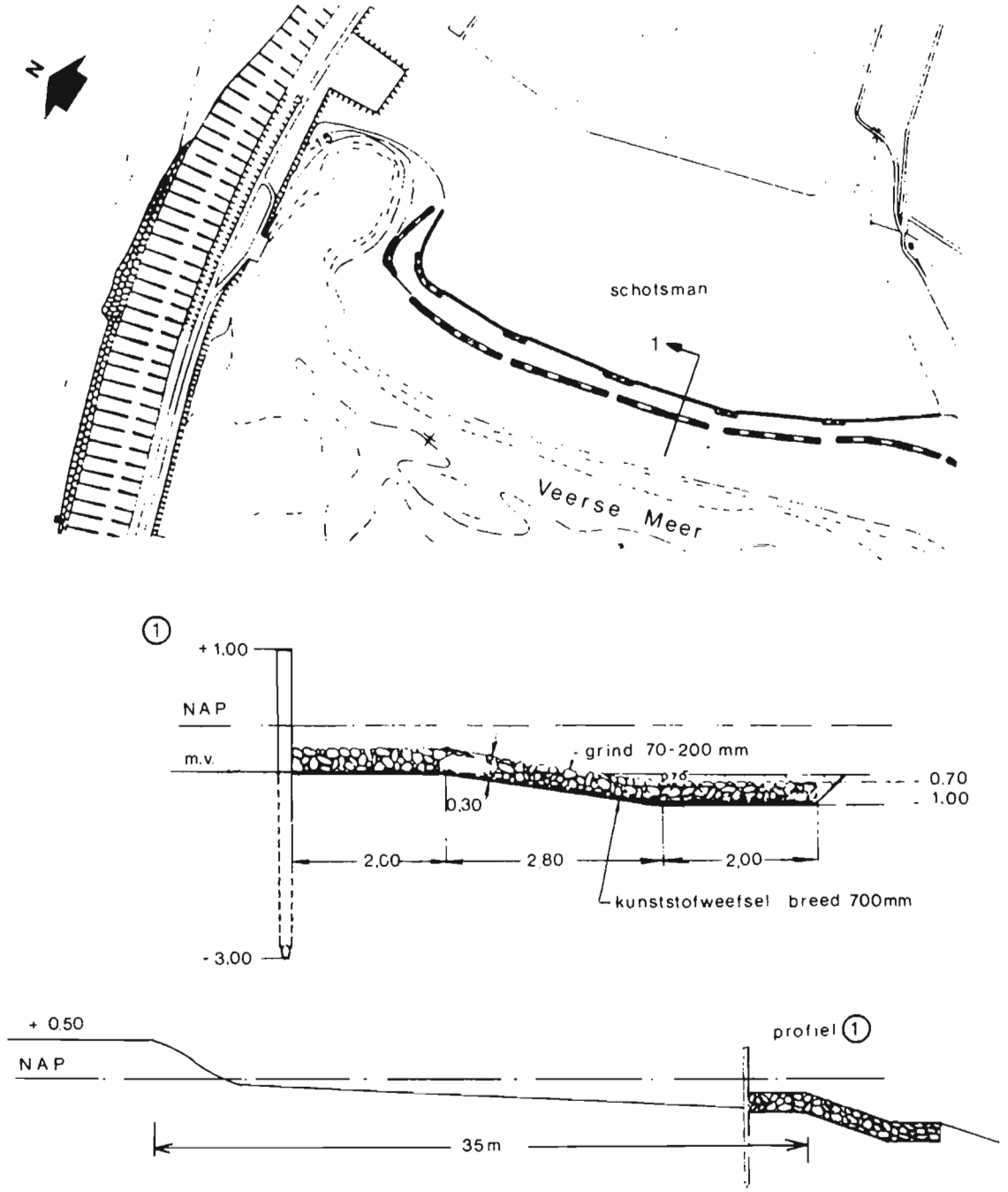
Een (aanplant van een) natuurlijke of natuurtechnische oeverbescherming dient altijd door middel van een veekering beschermd te zijn tegen vraat en vertrapping door vee.

Vraat en loswoelen door watervogels (o.a. grauwe ganzen, meerkoeten, knobbelzwanen) kunnen een probleem vormen bij jonge aanplant van een oevervegetatie. Afdoende bescherming hiertegen is moeilijk. Om de bereikbaarheid vanaf het water te verkleinen past men wel een omheining van draden met een onderlinge afstand van 15 cm toe (Knutson and Inskeep, 1982).

Misschien bieden andere afschrikmaatregelen zoals wapperende stroken folie ook perspectief.

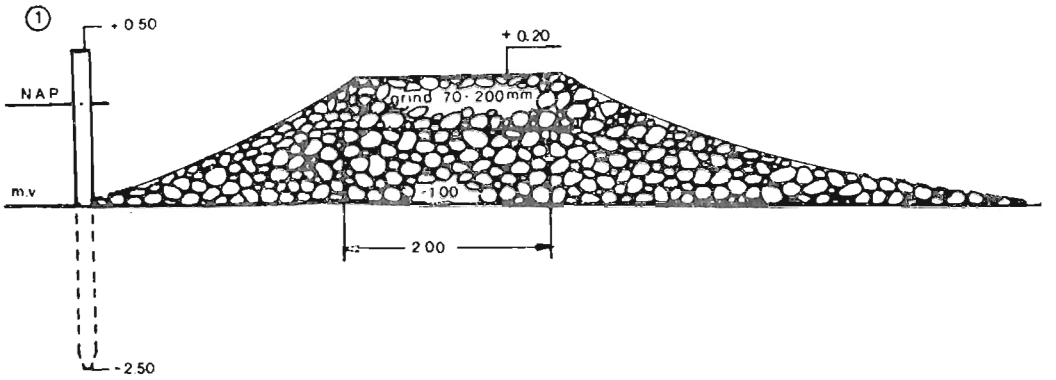
foto 29. Begroeide grinddam in het Veerse Meer met broedfunctie voor vogels.

foto 30. Overloopsteigertjes ten behoeve van de oeverrecreanten over onderwatergrinddam (hier bij laag winterpeil) in het Veerse Meer.

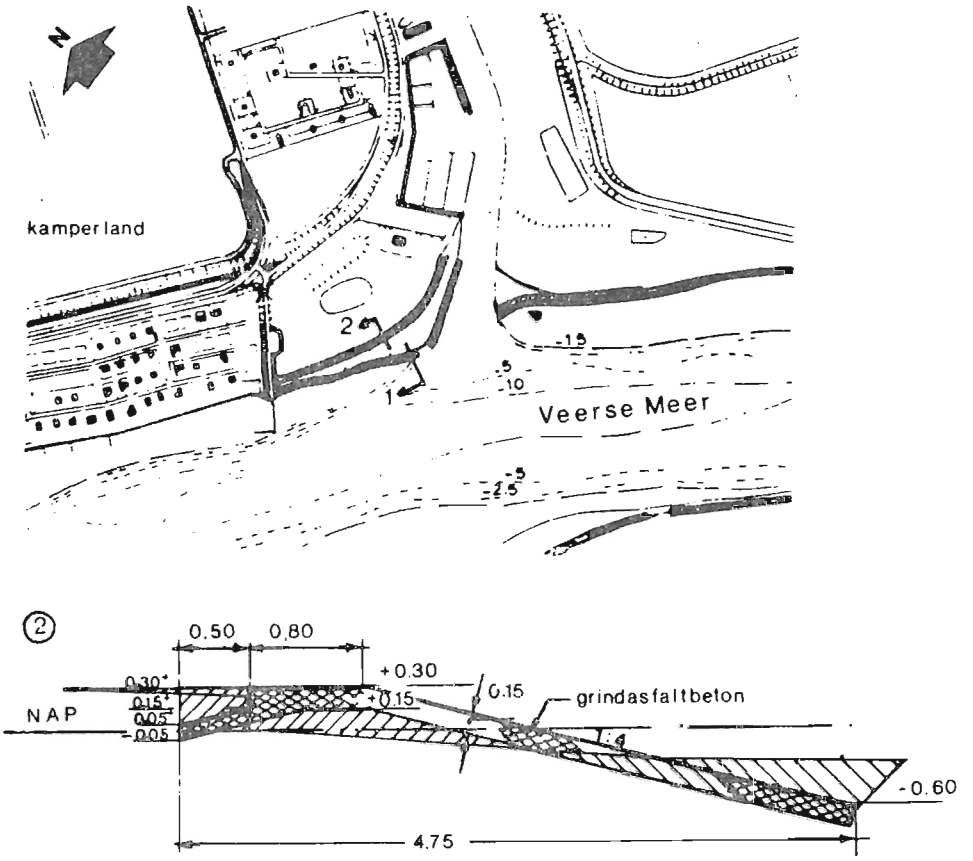


Opm.: De herkenningspalen kunnen beter aan de meerzijden van de beschermingsconstructie worden aangebracht.

Fig. 96 *Indirecte oeverbescherming in de vorm van een onderwater grindmatras met openingen op de vooroever. De oeverlijn zelf is achter de openingen beschermd met grindasfaltbeton. Waar nodig kan op de oeverlijn een summiere grindbestorting worden aangebracht. (Veerse Meer; aangelegd 1971, RWS-Deltadienst).*



Opm.: De herkenningspalen kunnen beter aan de meerzijden van de beschermingsconstructie worden aangebracht.



Opm.: Een dergelijke zware oeverlijnbescherming is onnodig en voor de recreatie ook minder geschikt door het glad worden door algenbegroeiing.

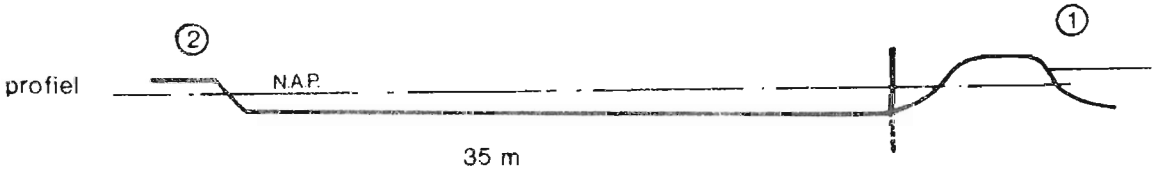


Fig. 97 *Indirecte oeverbescherming in de vorm van een 0,2 m boven de waterlijn uitstekende grinddam op de vooroever langs een recreatieweide. De oeverlijn zelf is in verband met de recreatie afgewerkt met een grindasfaltbetonglooiing. (Veerse Meer; aangelegd 1971, RWS-Deltadienst).*

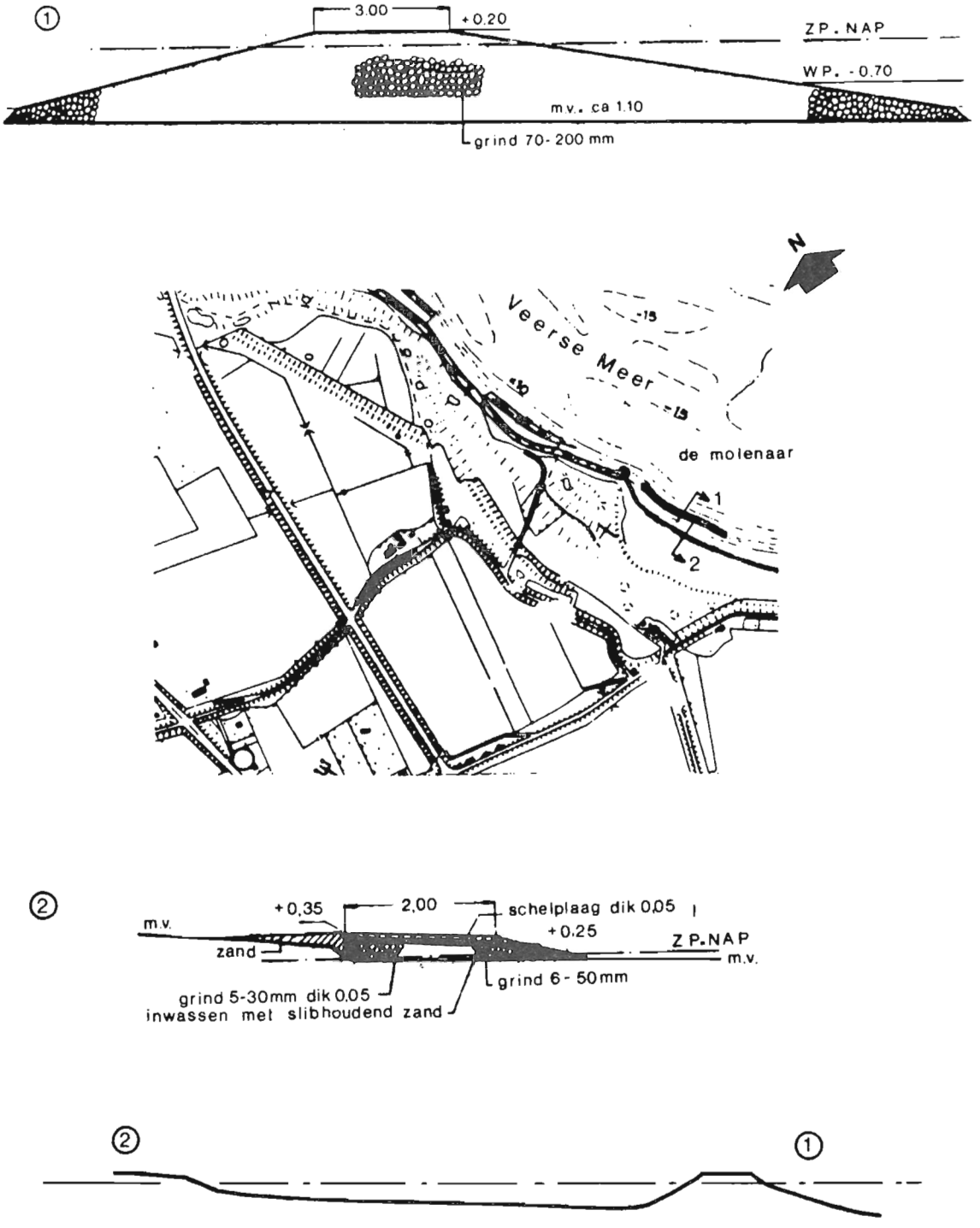


Fig. 98 *Indirecte oeverbescherming in de vorm van een 0,2 m boven de waterlijn uitstekende grinddam op de vooroever. De oeverlijn zelf is afgewerkt met fijn grind ingewassen met zand en afgedekt met schelpen. (Veerse Meer; aangelegd 1977, RWS-Deltadienst).*

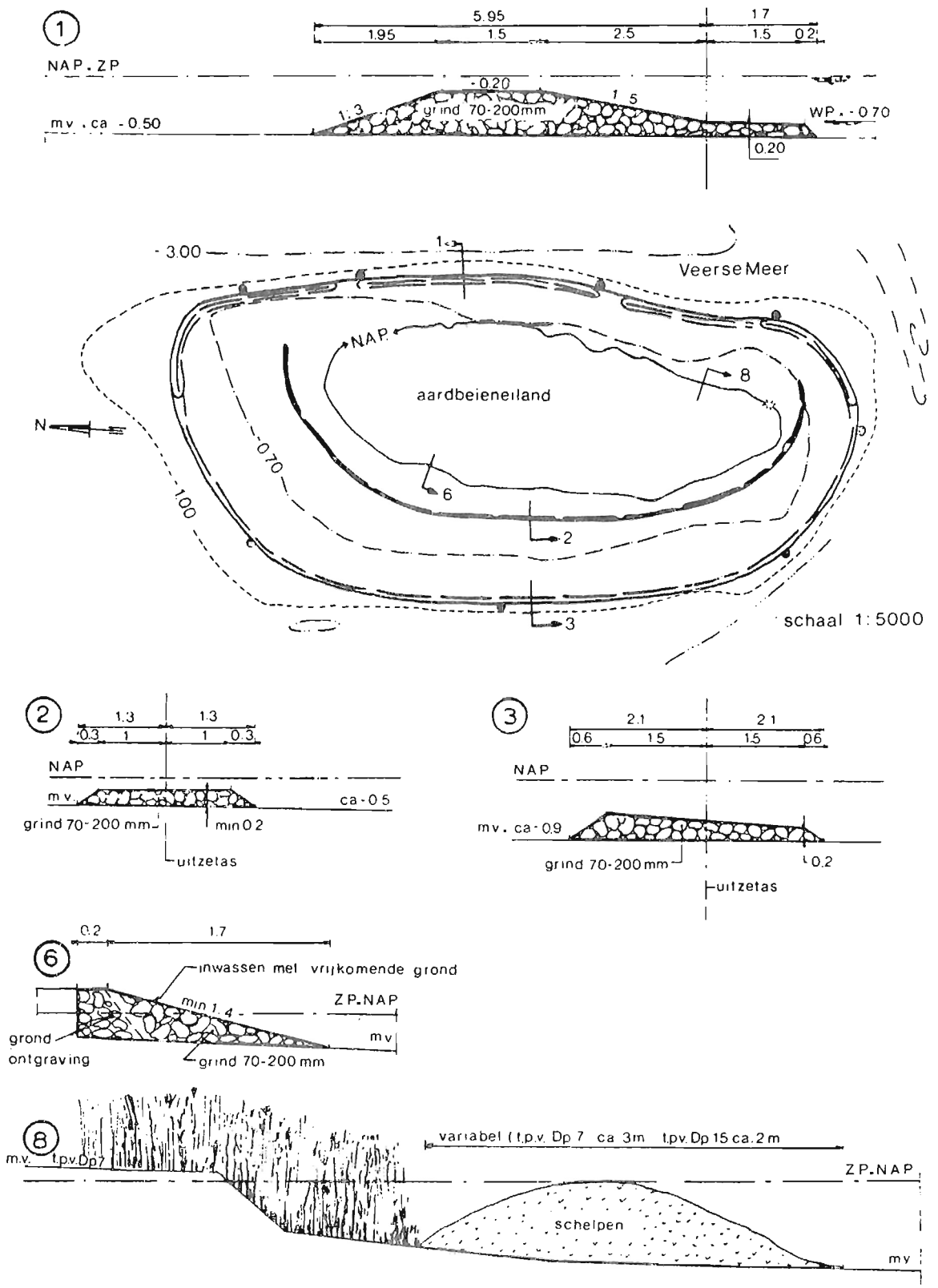


Fig. 99 Oeverbeschermingssysteem rond het Aardbeieneiland in het Veerse Meer: een stelsel van bij zomerpeil (N.A.P.) onder water gelegen grinddammen en -matrassen op de vooroever, welke tevens de bij winterpeil (N.A.P. -0,70 m) bestaande oeverlijn beschermen. De oeverlijn van het eiland zelf (bij zomerpeil) is summier beschermd met grind of schelpen. (Veerse Meer: aangelegd 1977, RWS-Deltadienst)(zie foto 26).

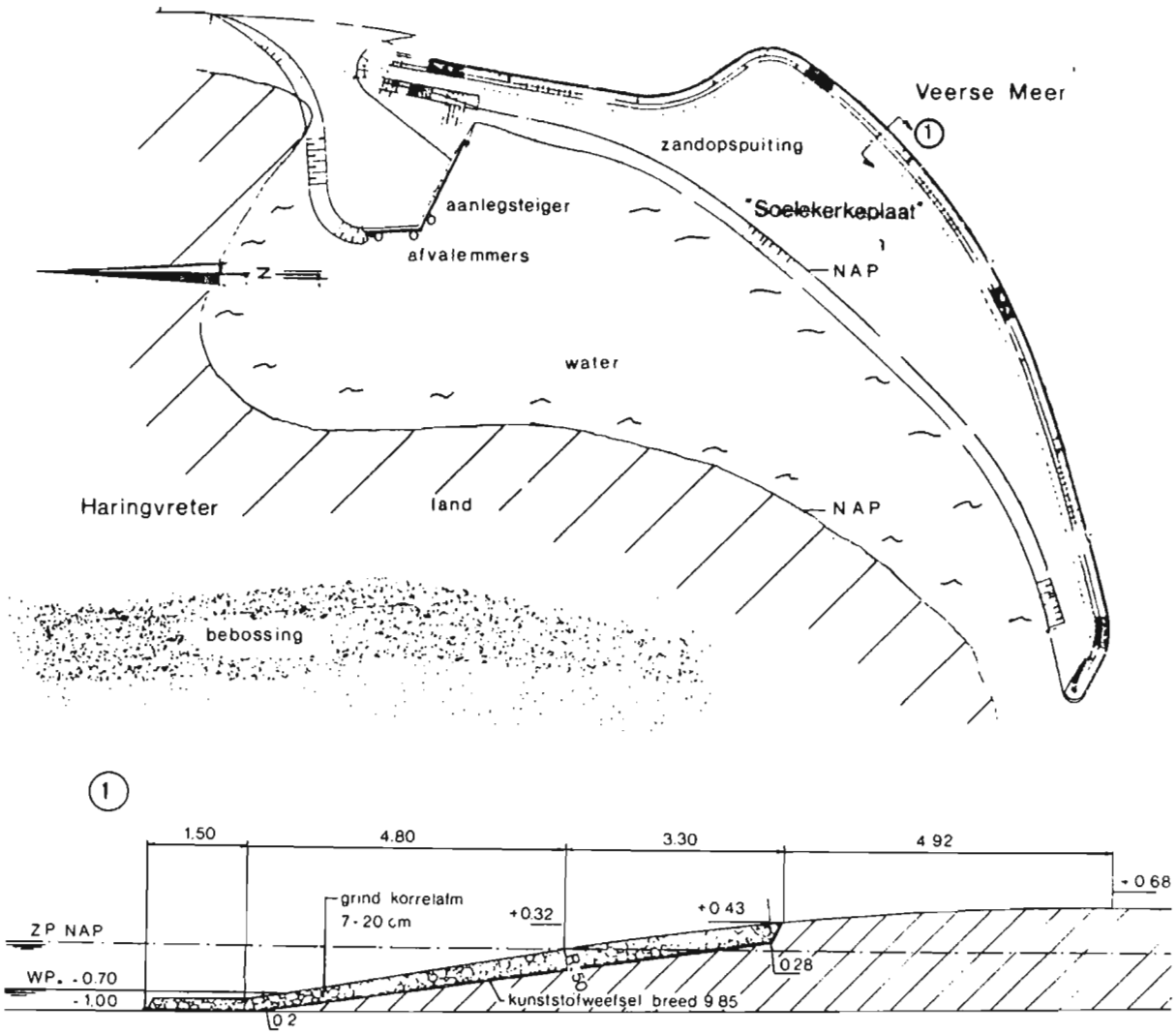
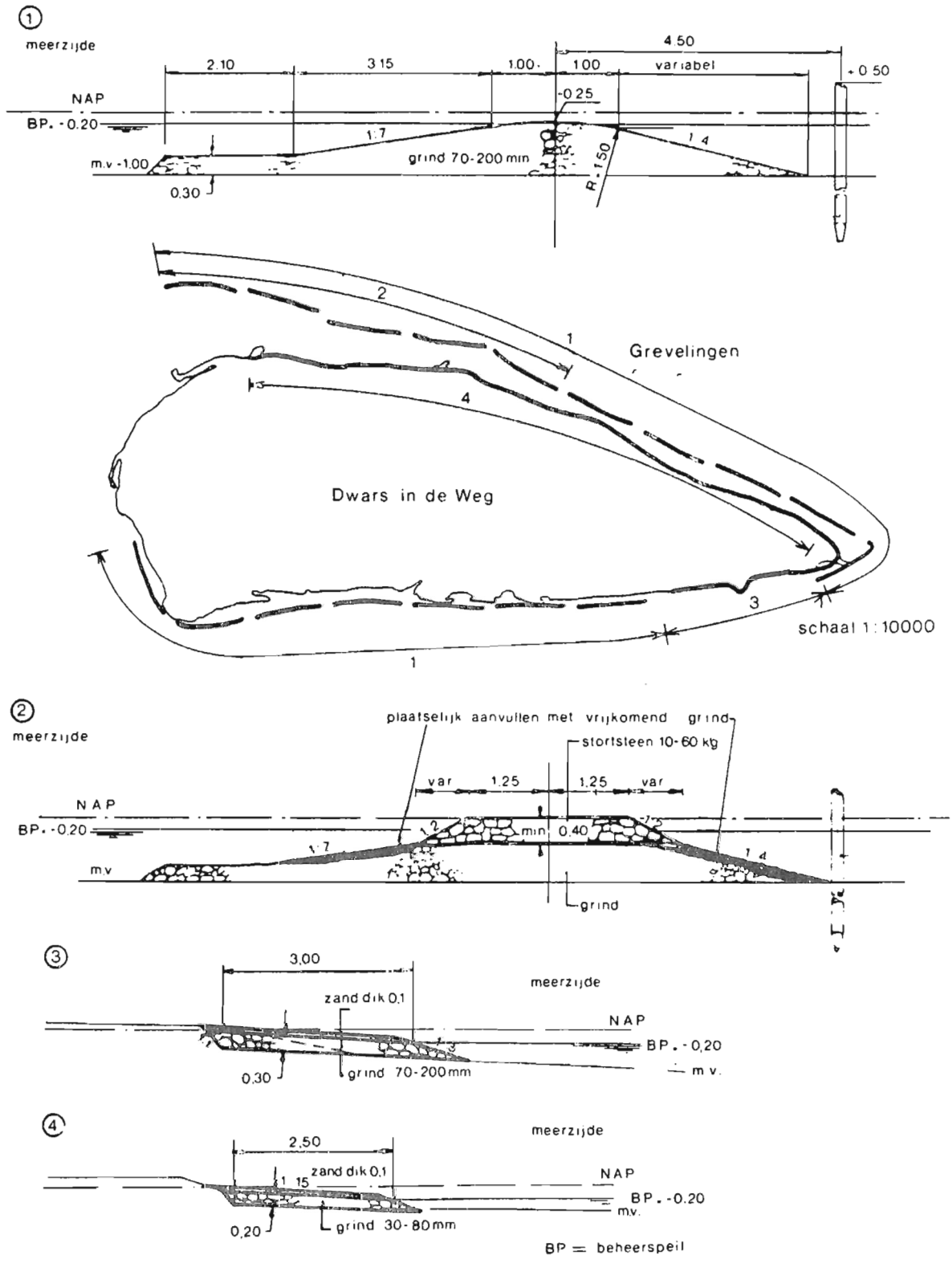


Fig. 100 *Oeverbescherming in de vorm van een aan de meerzijde met een grindbestorting beschermde zandopspuiting op de vooroever van het eiland de Haringvreter in het Veerse Meer. Op de zandopspuiting broeden nu o.a. een kolonie visdiefjes en enkele kluten. (Aangelegd in 1973, RWS-Deltadienst).*



Opm.: De herkenningspalen kunnen beter aan de meerzijden van de beschermingsconstructie worden aangebracht.

Fig. 101 Oeverbeschermingssysteem rond het eiland Dwars in de Weg in het Grevelingenmeer. Een stelsel van in verband met de expositie zware of minder zware stenen dammen op de vooroever met waar nodig een summiere directe bescherming van de oeverlijn (Grevelingen; aangelegd 1974/'75, RWS-Deltadienst).

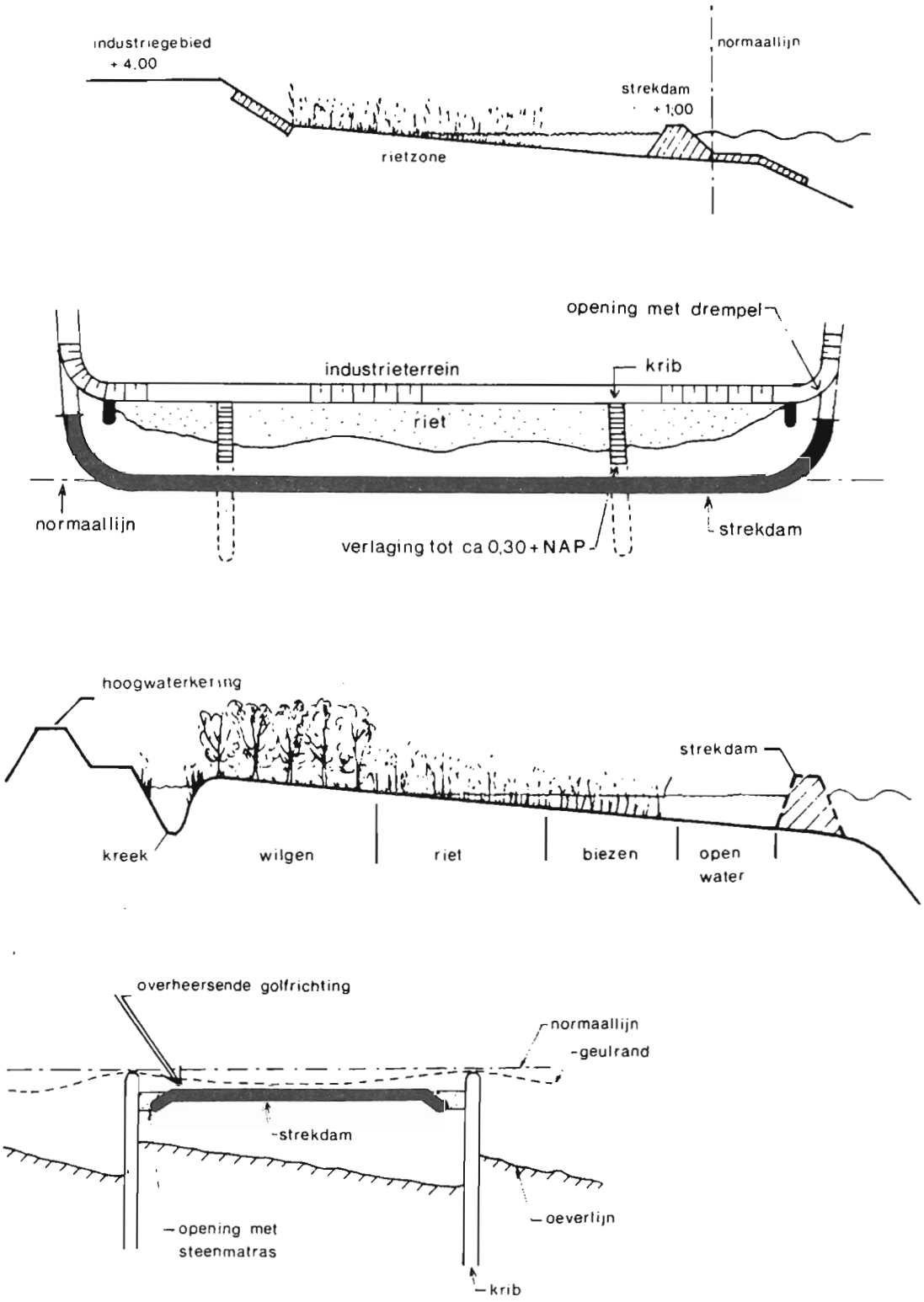


Fig. 102 *Mogelijke oeverbeschermingsmaatregelen in verband met krib-verkortingen in de Oude Maas ter plaatse van de Zwijndrechtse kribben (Visser, 1985).*

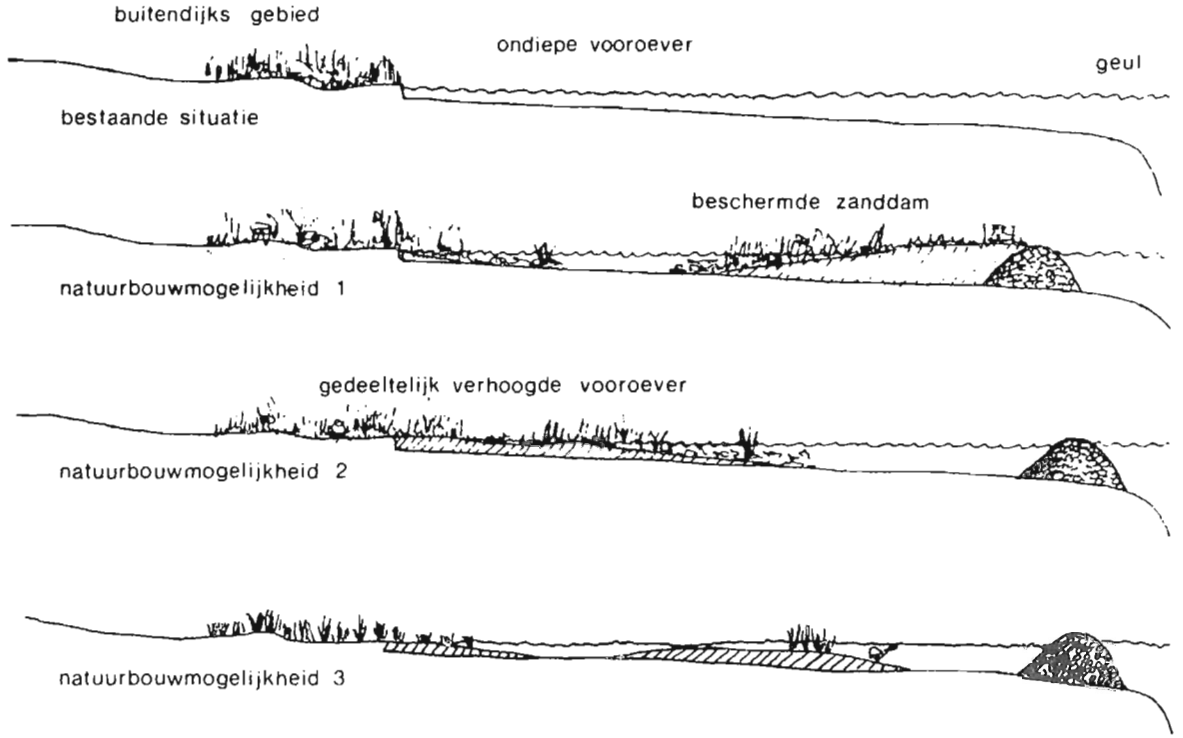


Fig. 103 *Enkele natuurtechnische milieubouwmogelijkheden bij een brede ondiepe vooroever.*

BIJLAGE 6.1

DOORGROEIBARE CONSTRUCTIES

A. Enka-mat

Dit constructie-materiaal bestaat uit een samensmelting van onversterkte, in elkaar gekronkelde, polyamide draden. Deze draden vormen een drie-dimensionale mat, die qua vorm overeenkomt met een wortelstructuur (soort pannespons).

Produktie : Enka Glanzstoff

Toepassing : In weg- en waterbouwkundige constructies ter voorkoming/beperking van erosie op taluds.

Eigenschappen:
- Beschermt taluds tegen mechanische krachten en beschadigingen;
- planten schieten gemakkelijk wortel;
- de snelheid van overstromend water wordt geremd, waardoor gronddeeltjes en zaad kunnen bezinken en achterblijven.

Geschiktheid : Vooral op steile taluds boven water.
Niet geschikt langs oevers met veel golfslag; het materiaal is te open, zodat erosie van de ondergrond zal optreden. Wellicht toepasbaar bij beschut gelegen oevers (plantsoenvijvers e.d. of langs riviertjes met geringe golfbeweging en niet te grote stroomsnelheid). Boven de (hoog-)waterlijn goed toepasbaar, bijvoorbeeld voor afdekking plasberm.

B. Gobi-mat

Deze mat bestaat uit gladde of geprofileerde betonelementen met openingen, die prefab op een zwaar, zanddicht en waterdoorlatend polypropyleen filterweefsel zijn gelijmd (zie fig. 104).

Produktie : N.V. Gobi, Zutphen.

Toepassing : Bij rivieren, kanalen, recreatiegebieden, waterlopen en -leidingen, als kraagstuk, bodembescherming, zinkstuk, hangstuk, plasbermbescherming, enz.

Eigenschappen:
- Door uitspoeling van fijne deeltjes ontstaat onder het weefseldoek een natuurlijke filteropbouw;

- begroeiing kan ontstaan in dichtgeslibde of met grond aangevulde tussenruimten van de geprofileerde betonblokken;
- reduktie golfoploop (bij geprofileerde betonblokken);
- flexibel, volgt plaatselijke zakkingen in de ondergrond, waardoor onderspoeling nagenoeg is uitgesloten;
- relatief goedkoop en snel aan te leggen.

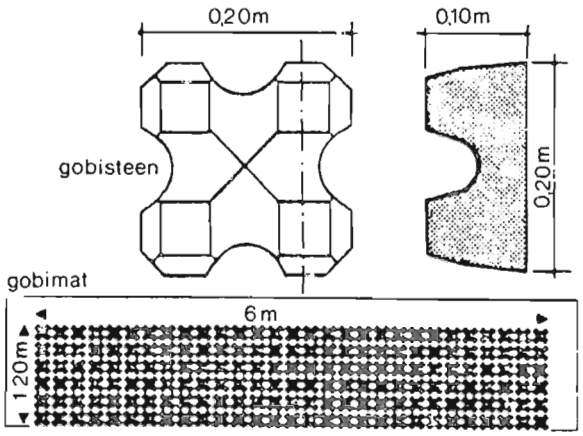


Fig. 104 *Gobimat.*

Geschiktheid : Om oplichten en afschuiven van de constructie te voorkomen moeten de teen en de bovenzijde van het weefsel goed worden verankerd. Gobi-matten zijn vrijwel niet te repareren. Ook het tussenvoegen van een nieuwe mat is vrijwel onmogelijk. Doorgroei is noodzakelijk om de gobi-matten goed aan de ondergrond te hechten.
Nette aanleg (in het verband) in bochten van constructies bestaande uit een kunststoffilterdoek met erop een betonstenen afdeksysteem is veelal moeilijk of onmogelijk. Dit is een groot nadeel. Daarnaast zal bij oevers met sterke golfaanval grond tussen de blokken worden uitgespoeld, zodat van plantengroei in de oeverzone geen sprake zal zijn. Mogelijk kan plantengroei wel optreden bij beschut gelegen oevers (weinig scheepvaart, geringe strijklengte). In de boven de (hoog-)waterlijn

gelegen oever zal zeker plantengroei ontstaan als de tussenruimten worden gevuld met grond. De onbegroeide oeververdediging is niet erg fraai van aanzien als gevolg van de onregelmatige ligging van de matten.

C. Gras-betontegels

Dit zijn tegelvormige betonelementen (afmetingen 40 x 60 cm, dikte 9 of 12 cm) voorzien van regelmatig verdeelde vierkante openingen (9 x 9 cm^2).

Produktie : Betonindustrie Nederhemert B.V.

Toepassing :
- Berijdbare groene stroken (zoals parkeerplaatsen, garageopritten etc.);
- op taluds langs viadukten etc.;
- als overgang van een harde oeververdediging naar een groen talud;
- in combinatie met kunststoffilterdoek mogelijk ook in het natte deel van de oever.

Eigenschappen:
- Gewicht 125/170 kg per m^2 bij resp. 9 en 12 cm dikte;
- gemakkelijk doorgroeibaar;
- snel te leggen;
- schade gemakkelijk te constateren en te verhelpen;
- weinig reductie golfoploop.

Geschiktheid : Boven de (hoog-)waterlijn goed toepasbaar; daaronder alleen geschikt in combinatie met kunststoffilterdoek. In situaties met weinig golfaanval wellicht ook bruikbaar in onderwatertaluds met riet- of biezenvegetatie.

D. Buideldoek (ook rietbuideldoek)

Dit is een weefselconstructie van polyetheen of polypropeen garen, voorzien van één of meerdere rijen ballast-buidels. Het weefsel is zanddicht en waterdoorlatend (zie fig. 54).

Produktie : Nicolon B.V.

Toepassing : Als taludverdediging langs sloten, waterleidingen en beken.

Eigenschappen: De buidels kunnen geballast worden met puin, grind, stortsteen, betontegels, zand of grond. Bij gebruik van grond is groei van vegetatie mogelijk. Goedkoop en snel aan te leggen.

Geschiktheid : Alleen bij rustig gelegen oevers zal de grond niet uit de buidels spoelen en kan dit materiaal toegepast worden voor het verkrijgen van een groene oever. De vraag is of het materiaal ook bij volledig uitgegroeide vegetatie uit het zicht verdwijnt. De buidels van rietbuideldoek hebben grotere mazen voor de doorgroei van riet. Voordat het riet is uitgegroeid bestaat kans op uitspoelen van de grond.

E. Armorflex

In principe lijkt de toepassing van dit materiaal op die van de Gobi-matten. Het verschil is dat de betonblokken niet op een kunststofdoek zijn gelijmd maar onderling verbonden zijn met kabels en een "interlocking", zodat een halfsteensverband ontstaat. Onder de Armorflex wordt kunststoffilterweefsel toegepast.

Produktie : Nicolon B.V.

De eigenschappen en geschiktheid als milieu-vriendelijke oeververdediging zijn zoals aangegeven bij de Gobi-mat.

F. VOB-mat, Beto-mat, Terrafix-mat

Er is nog een aantal soorten matten in de handel, die in principe veel lijken op de eerdergenoemde matten (o.a. VOB-mat, Beto-mat en Terrafix-mat). Het principe is steeds: door roestvaststalen draden aan elkaar gekoppelde betonelementen op kunststoffilterdoek of op een vlies van synthetische stapel-vezels. Bij toepassing van een vlies zal de doorgroei van wortels waarschijnlijk niet plaatsvinden, omdat dit in principe dicht is.

Het voordeel van vlies ten opzichte van filterdoek is de grotere stroefheid zodat de betonmatten beter op hun plaats blijven. Bij de Terrafix-constructie vormen veranderingen in de hellingshoek zwakke punten in de constructie (zie fig. 105).

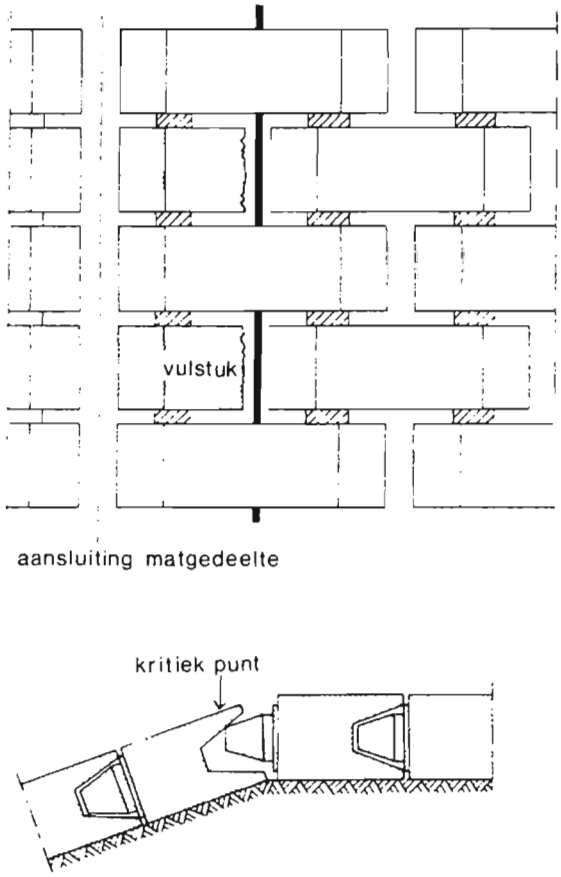


Fig. 105 *Terrafixmat.*

G. Profix-mat (zandworstenmat)

Produktie : Gouderak B.V.

Deze worstenmat bestaat uit een basisweefsel van 520 gr/m^2, treksterkte in beide richtingen 7,4 ton. Daarop gestikt een polypropyleenweefsel van 520 gr/m^2 met wat minder inslagen, waarop bevestigd een polypropyleen extra U.V. gestabiliseerd opofferingsvlies van 200 gr/m^2.
De stiknaden waarmee de 2 lagen doek aan elkaar worden genaaid hebben tussenruimten van 30-40 cm. De zo ontstane worsten worden op het werk met zand gevuld tot een zandworstenmat. De mogelijkheid met het vulma-

teriaal riet(zoneplant) wortelstokken mee in te brengen, om zo een be- en doorgroeide oeverbescherming te verkrijgen, moet nog nader worden onderzocht, maar lijkt haalbaar (zie foto 22).

H. Fixtone (open steenasfalt)

Produktie : Bitumarin b.v.

Open steenasfalt is een mengsel van grind of steenslag en menggietasfalt. Dit laatste is weer een mengsel van zand, vulstof en bitumen. Het is waterdoorlatend, blijvend visco-elastisch, stroom en golfbestendig.
Fixtone kan in situ worden aangebracht, maar biedt ook de mogelijkheid tot taludbedekking in de vorm van geprefabriceerde matten.
De doorgroeibaarheid van open steenasfalt is afhankelijk van de samenstelling (veel of weinig steenslag resulterend in veel of weinig open ruimtes), de laagdikte (kan veel of weinig slib ingevangen worden) en het gebruikte filterweefsel (doorwortelbaar of niet).
Nader onderzoek hiernaar en naar de erop voorkomende macrofauna is noodzakelijk om meer duidelijkheid te geven.

I. Gabions (schanskorven)

Produktie : Bekaert Nederland b.v.

Een schanskorf is een rechthoekige draadkorf, gemaakt van zwaar verzinkt draad. De "doos" wordt geleverd in een breedte van 1 m, de lengte is 2, 3 of 4 m, de hoogte 0,3 tot 1 m. Schanskorven worden gevuld met stenen en vormen dan een soepele, duurzame en doorlatende oeverbescherming. Het is mogelijk als bovenste vullaag rietzoneplantkluiten/zoden aan te brengen. Voor een goede doorgroei is de aanwezigheid van voldoende grond tussen de stenen een voorwaarde.

7. DE KEUZE VAN DIVERSE TYPEN OEVERBESCHERMINGEN LANGS HET SPUITMONDGEBIED IN HET HARINGVLIET ALS PRAKTIJKVOORBEELD

7.1. INLEIDING

In het zoete Hollandsch Diep en Haringvliet heeft men sinds de afsluiting niet veel aandacht voor de oeverafslag gehad (i.t.t. in het Veerse Meer en het Grevelingenmeer). In 1983 is een werkgroep in het leven geroepen om de oeverbescherming in dit gebied ter hand te nemen. Hierin had, naast de land- en waterbeheerders, de Hoofdafdeling Milieu en Inrichting van de Deltadienst als adviseur een inbreng.

In de loop van 1984 en de daaropvolgende jaren zullen verschillende oeverbeschermingssystemen worden toegepast. Als voorbeeld worden de langs de Korendijkse- en Beninger Slikken toegepaste oeverbeschermingen beschreven (Visser e.a., 1983; Visser e.a., 1984).

Uitgangssituatie

De uitgangssituatie van deze gebieden is als volgt te karakteriseren. Het aanwezige oeverprofiel wordt gekenmerkt door een steile afslagrand ter plaatse van de oeverlijn en door een (plaatselijk) brede tot zeer brede vooroever. De breedte varieert van enkele tientallen meters tot plaatselijk zelfs ca. 800 m. De gebieden zijn natuurwetenschappelijk waardevol (m.n. als ganzen- en weidevogelgebied).

Reden toepassing indirecte oeverbeschermingen

De achterliggende gedachten voor het toepassen van indirecte oeverbeschermingen zijn:

- Er zijn (potentieel) waardevolle landschapsecologische oever- en ondiepe vooroevergebieden aanwezig.
- Het heersende golfmilieu vormt de beperkende factor voor de ontwikkeling van een oevervegetatie en doet de ondiepe voor vogels belangrijke oevergebieden door erosie verloren gaan.
- Door het toepassen van indirecte oeverbeschermingen wordt de golfaanval gedempt en daardoor de erosie (nagenoeg) gestopt, terwijl de natuurlijke overgang water-land en de ondiepe vooroevergebieden be-

houden blijven en zich tot landschapsecologisch waardevolle gebieden kunnen ontwikkelen (oevervegetatie, vogels, vissen, zie 2.1.2).
- De toekomstige oevervegetaties hebben naast een zeer belangrijke natuurfunctie een aanvullende oeverbeschermende werking.

7.2. TOEGEPASTE TYPEN OEVERBESCHERMINGEN

Langs de Korendijkse- en Beninger Slikken zijn al naar gelang de uitgangssituatie verschillende soorten oeverbeschermingssystemen toegepast. Doorslaggevend voor het dimensioneren van de oeverbeschermingsconstructies zijn de windgolven, de in het Haringvliet optredende waterstandswisselingen (GLW: N.A.P. +0,38 m; GHW: N.A.P. +0,65 m) en de hoogteligging (N.A.P. +0,60 m tot +1,00 m) van het oeverland. (Zie voor nadere dimensionerings- en ontwerpaspecten Visser e.a. (1983) en Visser e.a. (1984), de figuren 106 en 107 en de foto's 31 t/m 38).

1. Directe oeverbescherming (zie foto 31)

   Langs de oevergedeelten waar de geul dicht onder de oever loopt is gekozen voor een directe oeverbescherming. Deze volgt zoveel mogelijk de oeverlijn. De aanleghoogte wordt bepaald door de maaiveldhoogte ter plaatse. De bescherming wordt niet ingegraven in de vooroever, maar aangelegd met een onderwaterberm om eventueel optredende ontgrondingen op te vangen.

2. Vooroeverbescherming (zie o.a. foto 32)

   Op trajecten waar een ondiepe vooroever aanwezig is kan een vooroeverbescherming worden toegepast. Deze bestaat uit een stortstenen dam.

   De afstand van de bescherming tot de oever kan hier maximaal 80 à 100m genomen worden. Deze afstand komt ongeveer overeen met de dieptelijn van N.A.P. -0,30 m. Grotere afstanden beperken de effectiviteit van de constructie omdat zich dan achter de bescherming opnieuw grotere golven kunnen vormen die de oever toch nog kunnen aantasten. Kleinere afstanden zijn hier uit biologisch oogpunt minder gewenst omdat de diversiteit sterk kan verminderen indien de waterplas volledig dichtgroeit.

   De kruinhoogte van de bescherming is gesteld op N.A.P. +1,00 m.

foto 31. Een direkte oeverbescherming langs het Spui (Korendijkse Slikken); ter plaatse van een kreekmonding is de bescherming onderbroken.

foto 32. Een vooroeverbescherming langs de Korendijkse Slikken in het Haringvliet.

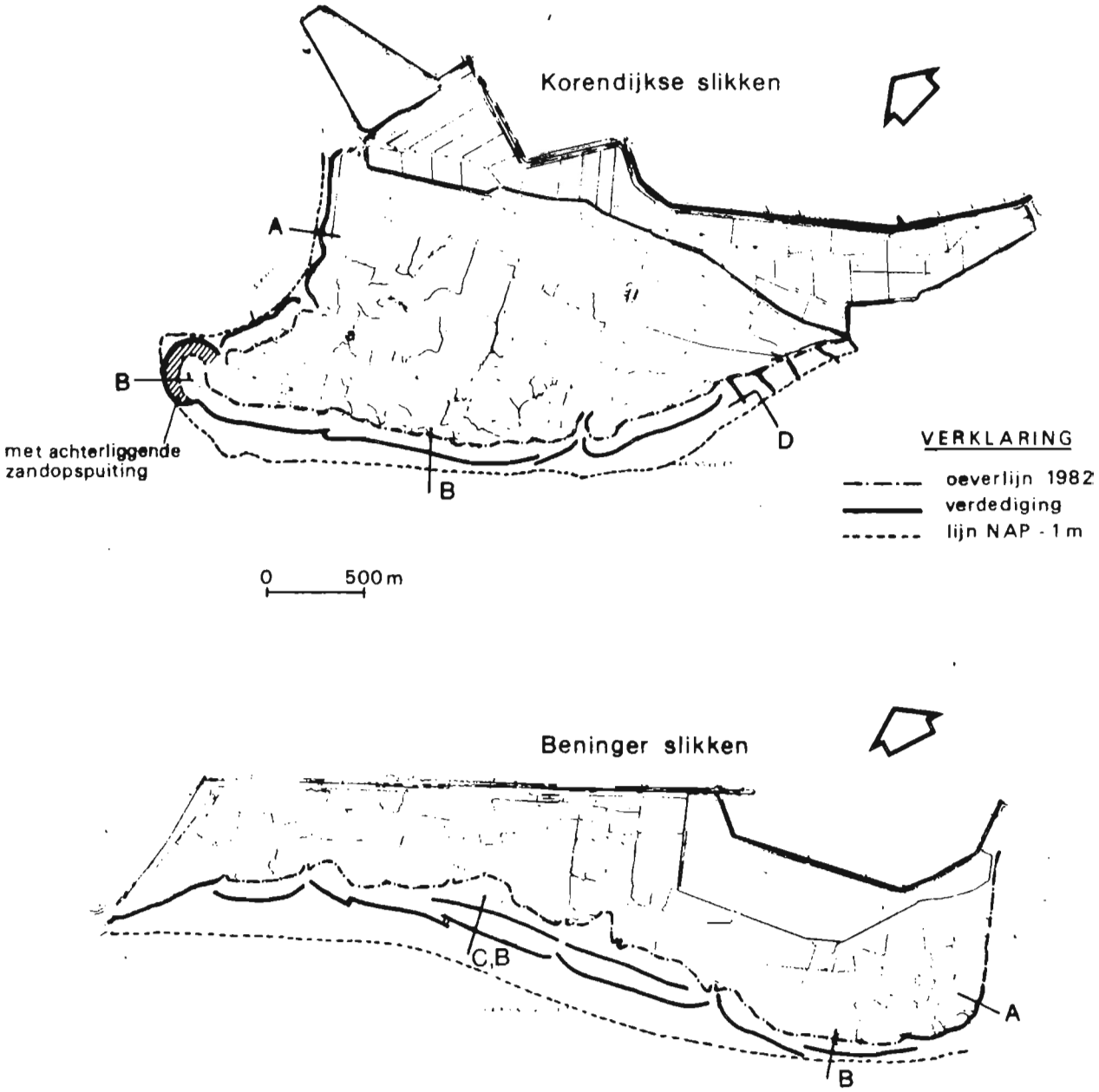


Fig. 106 *Overzicht van de langs Korendijkse en Beninger Slikken aangelegde oeverbeschermingssystemen. De profielen A t/m D zijn in detail terug te vinden in fig. 107.*

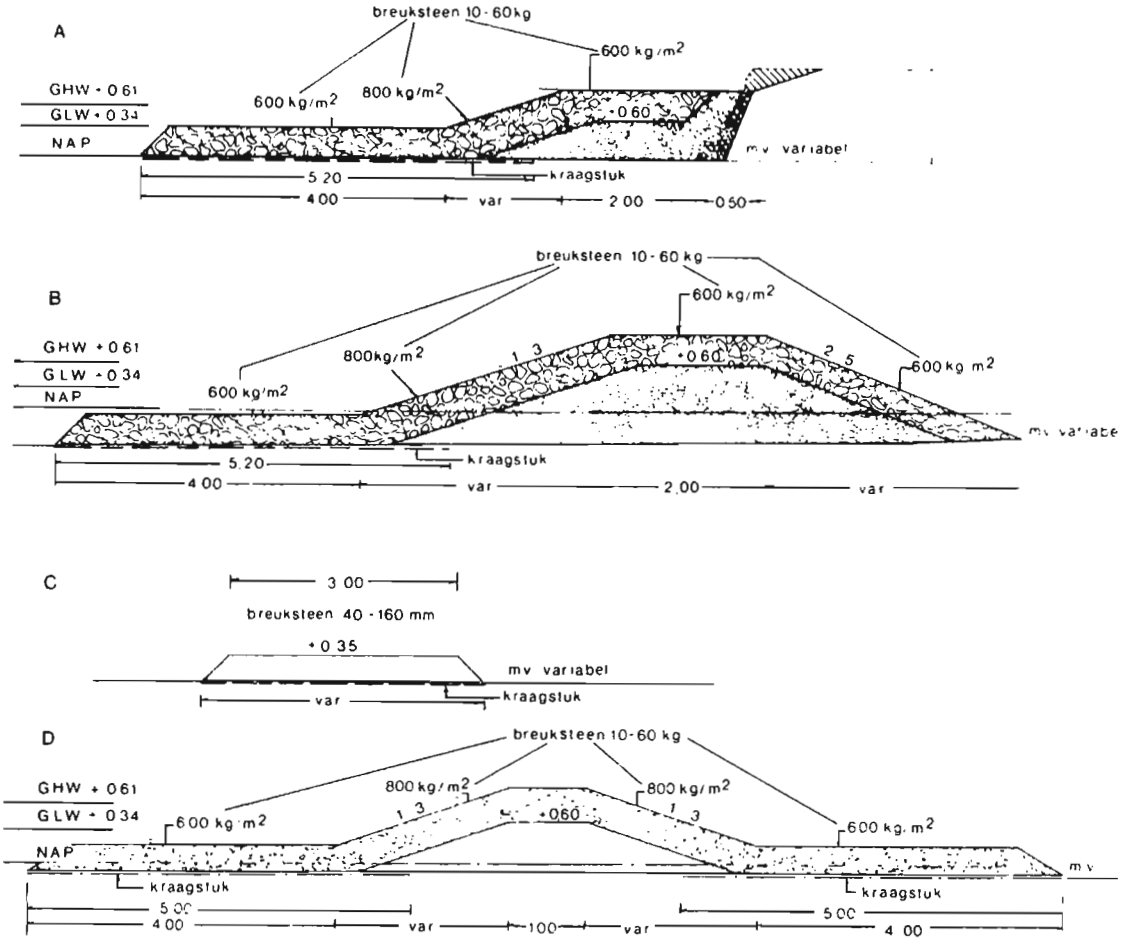


Fig. 107 *De verschillende oeverbeschermingsconstructies zoals toegepast langs de Korendijkse en Beninger Slikken. (Haringvliet, aangelegd 1984/85, RWS-Directie Benedenrivieren).*

In de vooroeverbescherming dienen onderbrekingen te worden aangebracht om wateruitwisseling (i.v.m. peilvariaties, waterkwaliteit, tegengaan botulisme) mogelijk te maken en bij grotere peilveranderingen een vlotte toe- en afstroming te verzekeren. Voor de openingen kan een breedte van maximaal 20 meter op de hoogwaterlijn worden aangehouden. De bodem dient ter plaatse tegen uitschuring te worden beschermd door middel van een drempel, waarvan de kruin op ca. N.A.P. +0,25 m is gelegen. Ten behoeve van de aan- en afvoer

foto 33. Mattenbies-, lisdodde- en rietvegetaties op een ondiepe vooroever langs de Beninger Slikken in het Haringvliet.

foto 34. Een aangelegde zandvang op de in foto 33 afgebeelde ondiepe vooroever langs de Beninger Slikken.

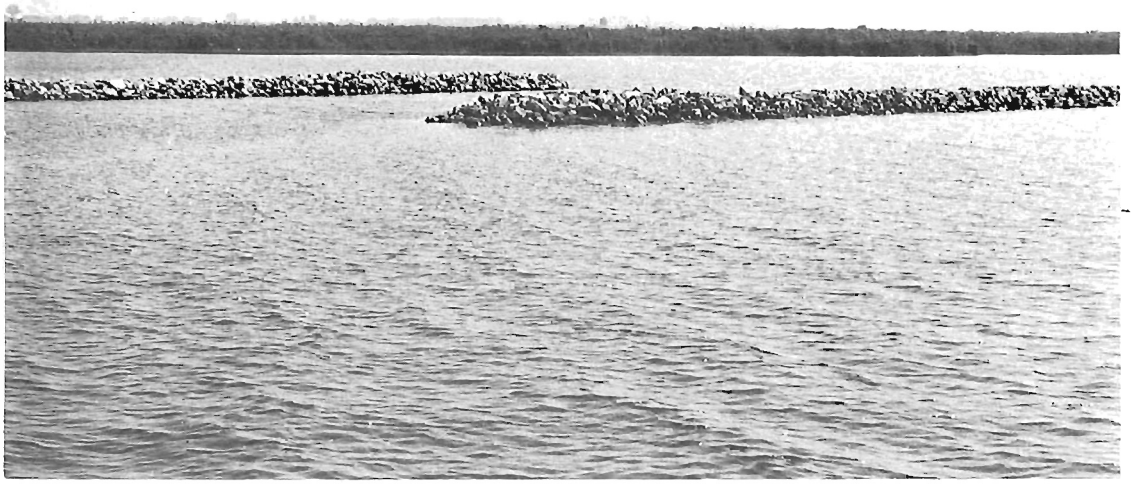


foto 35. Opening in de vooroeverbescherming met overlap (Korendijkse Slikken).

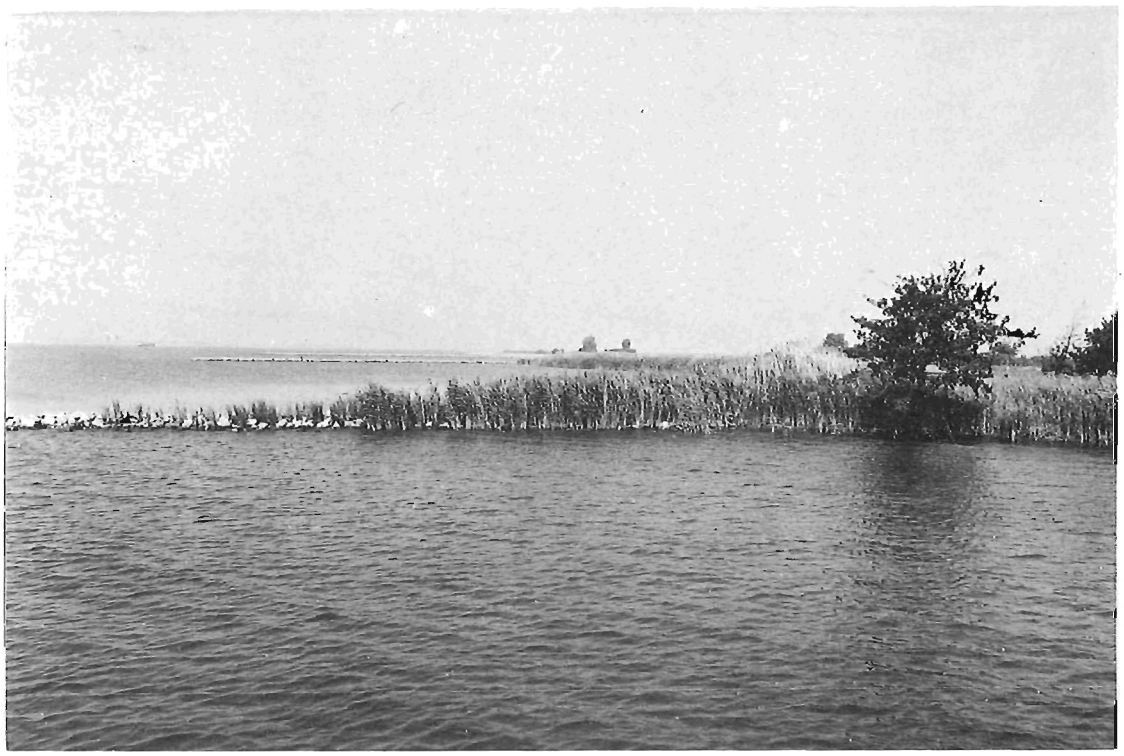


foto 36. Kribben langs de Korendijkse Slikken.

van het water bij grotere peilschommelingen kunnen enkele grotere openingen, met een breedte op de hoogwaterlijn van ca. 30 à 40 meter, in het tracè worden opgenomen. Deze openingen dienen op de bodem beschermd te worden door middel van een steenmatras, waarvan de kruin op gelijke hoogte ligt met de bodem ter plaatse. Bij de onderbrekingen ter plaatse van de uitmonding van de grote kreken behoeven geen bodemvoorzieningen tegen uitschuring te worden getroffen. Indien hier enige uitschuring optreedt, is dit morfologisch gezien een logische voortzetting van het kreekverloop naar dieper water.Het tracé van de vooroeverbescherming en de plaats van de daarin op te nemen openingen kan het best in het werk worden bepaald. De vooroeverbescherming dient om landschappelijke redenen de oeverlijn zoveel mogelijk te volgen. Het toepassen van een strakke tracélijn is niet gewenst.

Om eventueel optredende erosie van de oeverlijn achter de openingen in de vooroeverbescherming te voorkomen, kunnen de openingen zo worden aangelegd, dat toch afscherming van de oever plaatsvindt (zie foto 35). Bij het bepalen van de plaats van de openingen dient zoveel mogelijk te worden ingespeeld op de aanwezige vormen in de oeverlijn.

3. Vooroeverbescherming met zandvang (zie foto 34)

Voor een traject met een zeer brede ondiepe vooroever wordt een vooroeverbescherming op grote afstand van de oeverlijn toegepast (gemiddeld 200 tot 300 meter). De tracélijn hiervan volgt ongeveer de dieptelijn van N.A.P. -0,30 m. Door de grote afstand tot de oeverlijn is het mogelijk dat achter de primaire oeververdediging opnieuw golven worden opgewekt (golfhoogte wordt geschat op ca. 0,30 m). Door deze golfwerking kan de oever nog worden aangetast en zal een vervlakking van de vooroever optreden, waardoor de diversiteit in bodemligging wordt verkleind. Om deze effecten te beperken wordt een zandvang, bestaande uit een steenmatras, die tevens dient als golfbreker, tussen de vooroeverbescherming en de oever aangelegd. Het tracé van deze zandvang volgt ongeveer de dieptelijn van N.A.P. De afstand tot de oever bedraagt 100 tot 150 m.

Uit landschappelijke overwegingen wordt de kruin van de zandvang iets beneden de gemiddelde laagwaterstand gehouden (kruinhoogte N.A.P. +0,35 m).

4. Beschermde zanddam (zie foto's 37 en 38)

Ter plaatse van de zeer brede ondiepe vooroever voor de noordwestkop van de Korendijkse Slikken, ontstaan door een sterke erosie van deze kop, is een beschermde zanddam aangelegd. De oorspronkelijke vorm van de kop wordt zo min of meer in het landschapsbeeld teruggebracht.

Een dergelijke op natuurtechnische milieubouw gerichte vooroeverbescherming bestaat uit een grondlichaam dat aan de meerzijde voorzien is van een bescherming in de vorm van een stortsteenlaag. Het grondlichaam wordt aan de naar de oever gerichte zijde afgewerkt onder een zeer flauwe helling.

Door een dergelijke vorm van oeverbescherming kan aansluitend aan een gecreëerde luwe lagune een stuk flauw hellende oever gemaakt worden met potentieel hoge natuurwetenschappelijke waarde. Indien de nadruk op de functie voor vogels ligt moet de maaiveldhoogte van het grondlichaam slechts weinig boven de gemiddelde hoogwaterstand uitkomen om verruiging te voorkomen.

5. Kribben (zie foto 36)

Aansluitend op een aantal bestaande kribben zijn langs de Korendijkse Slikken, bij wijze van experiment, de bestaande kribben verlengd en twee nieuwe kribben aangelegd.

7.3. EVALUATIE-ONDERZOEK

De beschreven typen oeverbeschermingen langs de Korendijkse en Beninger Slikken zijn in de loop van 1984 en 1985 aangelegd. Afgewacht moet worden of de aangelegde constructie samen met de verwachte biologische ontwikkelingen in de oeverzone inderdaad effectief zullen zijn. Hiertoe is een evaluatie-onderzoek opgezet, dat de ontwikkelingen gedurende (minstens) 6 jaar zal volgen. Aspecten die hierbij onderzocht worden zijn:

Abiotische aspecten:

- de ontwikkeling van de oeverlijn d.m.v. luchtfotokartering;
- de ontwikkeling van de oeverzone, d.m.v. waterpassingen met aansluitende peilingen over een aantal representatieve transecten;

foto 37. Luchtfoto (winter 1985) van de noord-west kop van de Korendijkse Slikken; rechtsonder de beschermde zanddam.

foto 38. De beschermde zanddam, gezien vanaf de Haringvlietzijde. Het slikgebied (de zandopspuiting) achter de dam is een zeer rijk vogelgebied geworden.

foto 39. Evaluatie-onderzoek: vegetatie-opnames langs raaien loodrecht op de oever.

foto 40. Evaluatie-onderzoek: bodem -en bodemdierenbemonsteringen in de oeverzone.

- slibophoping achter de beschermingsconstructies d.m.v. het nemen van bodemmonsters;
- de waterkwaliteit achter de beschermingsconstructies d.m.v. het nemen van watermonsters en doen van temperatuurmetingen voor en achter de constructie;
- de eventueel optredende vervorming van de constructies d.m.v. visuele waarnemingen.

Biotische aspecten:

- de ontwikkeling van de oevervegetatie d.m.v. vegetatie-opnames langs een aantal representatieve transecten loodrecht op de oeverlijn (zie foto 39);
- het effect van de aangelegde beschermingsconstructies op de bodemdierenpopulatie in de oeverzone d.m.v. het nemen van bodemdierenmonsters langs een aantal representatieve transecten voor en enkele jaren na aanleg van de beschermingsconstructies (zie foto 40);
- de invloed van de aangelegde beschermingsconstructies op de functies die de oevergebieden voor vogels vervullen, d.m.v. periodieke vogeltellingen, gecombineerd met gedragswaarnemingen (rusten, foerageren, ruien, slapen, broeden);
- eventuele toename van het botulismegevaar, d.m.v. periodieke waarnemingen en tellingen van botulismeslachtoffers en watertemperatuurmetingen in de ondiepe oeverzones;
- de onderwaterbegroeiing en onderwatermacrofauna op en achter de beschermingsconstructies d.m.v. een éénmalige inventarisatie van een aantal transecten m.b.v. duikers.

8. ONTWERPSCHEMA'S (NATUURTECHNISCHE) OEVERBESCHERMINGEN

Bij het ontwerpen van (natuurtechnische) oeverbeschermingen spelen de te vervullen functies en de standplaatsfactoren de hoofdrol (naast de beschikbare financiën).
In de literatuur zijn diverse ontwerpschema's voor oeverbeschermingsconstructies aangetroffen. Zie bijlagen 8.2 en 8.3.
Bij het ontwerpen van natuurtechnische oeverbeschermingen vormt de ontwikkeling van een oevervegetatie een nevendoel. De standplaatsfactoren en randvoorwaarden voor een oevervegetatie en de noodzakelijke aanpassingen daarvoor zijn daarom belangrijke punten. In bijlage 8.1 is het ontwerpproces van een natuurtechnische oeverbescherming weergegeven met een aandachtspuntenlijst van de mogelijke oeverfuncties met bijbehorende ontwerpaspecten en een aandachtspuntenlijst van de standplaatsfactoren.
In Visser e.a. (1984) worden in het toegepaste ontwerpproces de volgende stadia onderscheiden:

1. Ontwikkeling mogelijke constructies op basis van technische eisen.
2. Keuze respectievelijk bijstelling op basis van ecologische aspecten (biologie, landschap).
3. Minimalisering van de kosten.
   Hierbij wordt opgemerkt dat de aangegeven volgorde in grote lijnen is gevolgd, maar in feite sprake is van een proces waarin voortdurend wordt teruggekoppeld naar de voorgaande stadia.

Dimensioneren, materiaalkeuze

Voor het dimensioneren van de constructies en de materiaalkeuze wordt verwezen naar het "Handboek oeverbeschermingsconstructies" (Drooger, 1983), PWS-F (1982) en Visser e.a. (1983 en 1984), zie ook bijlage 8.4. In PWS-F (1982) worden als basisprincipes bij het dimensioneren genoemd:

- de constructie dient als geheel in evenwicht te zijn;
- beschermende lagen mogen niet afglijden of als geheel worden opgetild;
- onder- en achterliggende grond mag niet door de bescherming of de kering kunnen dringen;

- bij statische constructies moeten de elementen van de bescherming op hun plaats blijven;
- bij beschermingsconstructies met een dynamisch evenwicht moet de laagdikte voldoende zijn om tijdelijke verschillen in positief en negatief langstransport (in de richting van de as van de vaarweg) te kunnen overbruggen;
- de beschermingsconstructie moet voldoende duurzaam zijn;
- de beëindiging van de bescherming moet zodanig worden uitgevoerd dat bij ontgrondingen of erosie aan begin en einde van het beschermde vak geen stabiliteitsverlies optreedt.

Beleidslijnen natuur, landschap en recreatie

Teneinde de aspecten natuur, landschap en recreatie voldoende bij de aanleg van oeverbeschermingen te betrekken is in de provincie Friesland door de planologische dienst, op basis van de beleidsuitgangspunten neergelegd in het streekplan en de gemeentelijke bestemmingsplannen, een kaart gemaakt met daarop in codevorm de waardering voor bovengenoemde aspecten. Zie bijlage 8.5.
Bij het ontwerpen van natuurtechnische oeverbeschermingen (eventueel in combinatie met uitgebreidere natuurtechnische milieubouwmaatregelen) dient rekening te worden gehouden met eventueel noodzakelijke natuurbeheersmaatregelen (bijv. toegankelijkheid i.v.m. maaien). Zo mogelijk dient een beheersvisie te worden opgesteld, aansluitend bij een eventueel bestaand beheersplan voor de oeverlanden.

Recreatieaspecten

Door de grote aantrekkingskracht van wateren en oevers op mensen en de hoge bevolkingsdichtheid van Nederland is de recreatie een oeverfunctie waarmee op de daarvoor geschikte en gewenste plaatsen terdege rekening moet worden gehouden.
De recreatiefunctie stelt al naar gelang de recreatie-activiteit verschillende eisen aan de oever. In bijlage 8.6 zijn deze per recreatie-activiteit beschreven.
Naast het op bepaalde plaatsen bevorderen van recreatie-activiteiten door gerichte vormgeving is het van even groot belang op andere plaat-

sen recreatie zoveel mogelijk te weren. In het algemeen werken afstotend ten aanzien van het aanleggen van recreatievaartuigen (PWS-F, 1982):

- steenbestortingen
- begroeiing met palenrij of balk ervoor
- lage beschoeiïng met voldoende breed drassig stuk land erachter
- bomen/struiken direct aan het water

BIJLAGE 8.1. ONTWERPSCHEMA NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMINGEN

I	Inventarisatie uitgangssituatie	- welke functie vervult de oever (zie aandachtspuntenlijst A) - standplaatsfactoren (wat zijn de doorslag gevende factoren voor de huidige erosie) (zie aandachtspuntenlijst B) - huidige vegetatie - potentiële vegetatie
II	Planning van de ruimtelijke ordening	- waar welke functies
III	Planning van de standplaatsdoel-stellingen	- welke standplaatsfactoren moeten waar aangepast worden om de beoogde functie-vervulling te bereiken. - natuurtechnische milieubouwmaatregelen
IV	Ontwerp en wijze van uitvoeren	- ontwerpen en dimensioneren van de technische constructies. - aanplant/inbouw vegetatie-elementen

Aandachtspuntenlijst A	Aandachtspuntenlijst B
Oeverfuncties met bijbehorende ontwerpaspecten: waterkerende functie: - vastleggen oeverlijn - belastende factoren stroming golfaanval grondwaterstroming grondmechanische belasting recreatie weer en wind drijvend vuil milieu - scheepvaart - onderhouds- en beheersaspecten Natuurfunctie: - gradiënt water-land - oevervegetatie - vogels - vissen - overige dieren - waterkwaliteit Landschapsfunctie: - verloop oeverlijn - lengte oeverlijn met eenvormige constructie - hoogte constructie - uiterlijk toegepast materiaal - relatie met het landschap Recreatieve functie: - oeverrecreatie aantrekkend/afstotend - waterrecreatie aantrekkend/afstotend Landbouw functie: - veekering	Standplaatsfactoren: golfbeweging - wind - scheepvaart stroming waterstandswisselingen waterstandsduurlijn waterkwaliteit strijklengte expositie overheersende windrichting dimensies van het waterlichaam oeverprofiel bodemsamenstelling bodemopbouw vegetatiesamenstelling vegetatiezonering dieren (graven, begrazen, betreden) mens (recreatie, landbouw)

VORMGEVING.

De methode wordt onderverdeeld in een aantal stappen die ieder voor zich eerst volledig moeten worden uitgewerkt alvorens tot een volgende stap kan worden overgegaan.

STAP

1 - Inventarisatie van de oeverfuncties vóór de aantasting.

2 - Inventarisatie van de toekomstige functies, rekening houdende met het beleid.

3 - Onderzoek naar de oeverbelasting waardoor de aantasting heeft plaatsgevonden.

4 - Aan welke belasting moet de toekomstige constructie weerstand bieden.

5 - Bepalen van de weerstand van de constructie.

6 - Vorm van de constructie.

Randvoorwaarden met betrekking tot functievervulling.

STAP
↓

1	Hoe was het vóór de aantasting; hierbij evt. teruggaan naar eerdere situaties. Welke van de functievervullende, ecologische en landschappelijke aspecten werden vervuld. Functievervullende: - vastleggen oeverlijn - visuele geleiding scheepvaart aantrekkend, neutraal, afstotend } (- recreatie vanaf de oever - recreatie vanaf het water Ecologische : - overgang aquatisch-terrestrisch milieu Landschappelijke : - strakke lijn, vloeiend of rafelig - hoogte boven waterspiegel - oevervegetatie
2	Welke van de uit 1 volgende functies vervallen in de nieuwe situatie en welke worden toegevoegd, mede gelet op te voeren beleid, omschreven in het Streekplan , de bestemmingsplannen, de geldende provinciale, gemeentelijke en waterschapsreglementen.

Belastingen.

STAP
↓

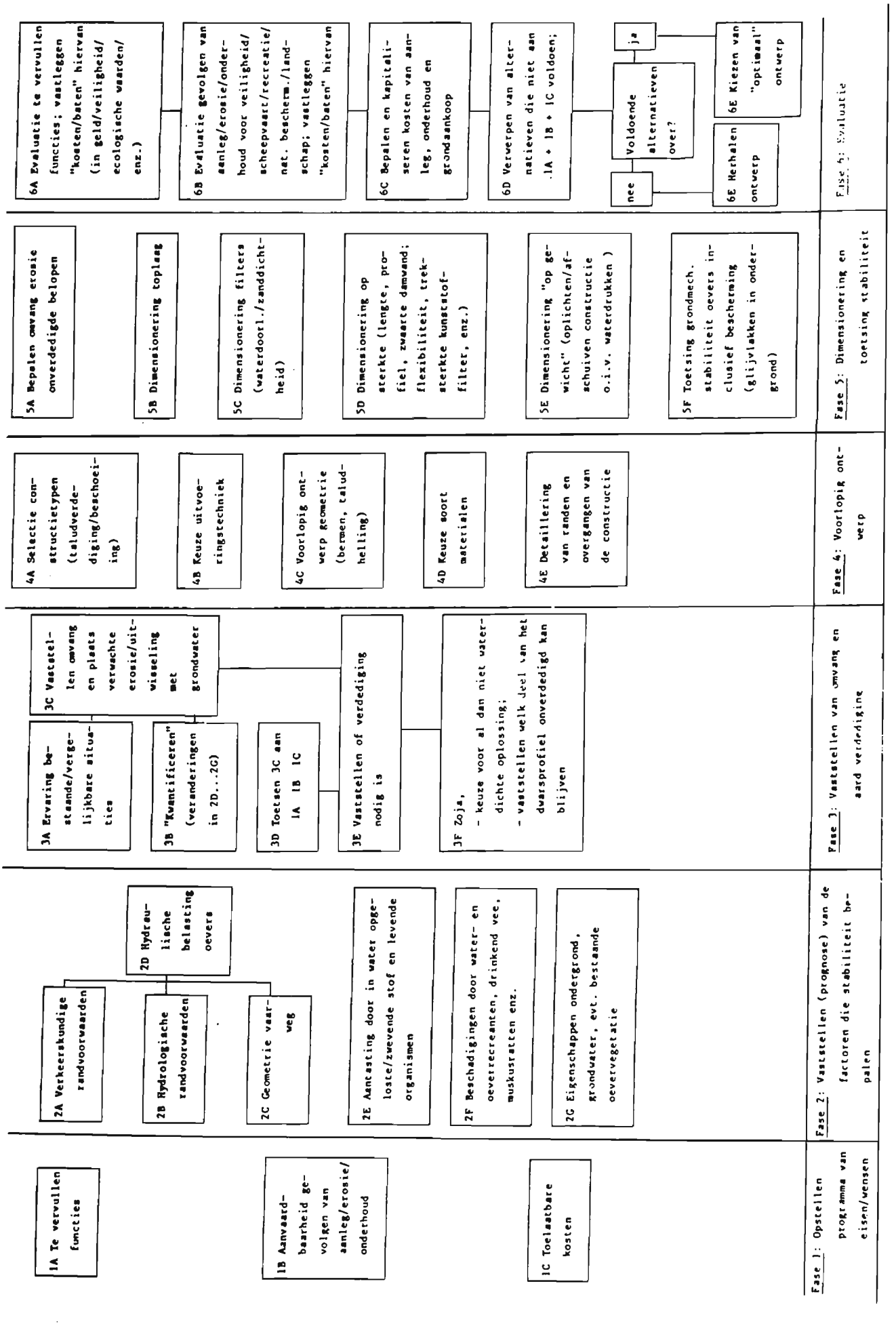
3	Waarom heeft er aantasting plaatsgevonden. Welke van de hierna volgende factoren hebben meegespeeld. Hydraulische belasting: - door stroming - door wind - afstroming vanaf land - door beroepsvaart - door recreatievaart Grondbelasting : - gronddruk - bovenbelasting Door milieu : - agressiviteit water/grond Overige : - opzettelijke vernieling - ontwerpfouten - achterstallig onderhoud - vee - ijs - aanvaringen - muskusratten
4	Welke van de uit 3 volgende factoren verdwijnen, worden versterkt of worden, ten gevolge van 1 en 2, toegevoegd (prognoses).

Ontwerp en materiaalkeuze.

STAP
↓

5	Op welke wijze is de weerstand van de oever t.o.v. de verwachte belastingen en met inachtname van de uit 1 en 2 volgende aspecten tegen minimale kosten weer op een aanvaardbaar peil te brengen. Hierbij spelen de volgende factoren een rol: - uitvoeringstechnische moeilijkheidsgraad - investering, onderhoud, opruimbaarheid - doorbreekbaarheid (kabels, leidingen, zinkers) - kans op scheepsschade - herstelbaarheid
6	Op basis van 5 wordt gekozen voor een vorm. Bij de keuze van de te gebruiken materialen spelen de volgende factoren een rol: - uitvoeringstechniek - milieutechnische factoren - sociale aspecten m.b.t. verwerkbaarheid - levertijden - levensduur

BIJLAGE 8.3. ALGEMEEN ONTWERPSCHEMA VOOR EEN OEVERBESCHERMING (uit: KIVI, 1983).



Bij het dimensioneren van bekledingen, waarbij diverse materialen deel uitmaken van een constructie, kan men drie aspecten onderscheiden, te weten:

- De afzonderlijke onderdelen van de constructie
- Welke soort belastingen treden in zijn algemeenheid op per onderdeel
- Welke functionele eisen moeten bij elk onderdeel aan het materiaal worden gesteld

Voor de diverse onderdelen van de constructie komen de volgende materialen aan de orde:

Taludbekleding
- klei
- grind (flauw talud)
- (geprefabriceerde) mat
- damwand (hout, staal, beton)
- rijshout
- stortsteen
- zetsteen (aanbrengen alleen boven water)
- slakken
- betonblokken
- asfaltbeton (aanbrengen boven hoogwater zône)
- penetratiemortels
- dicht steenasfalt
- open steenasfalt (aanbrengen in tijzône en hoger)
- zandasfalt
- kunststofweefsel

Bodembekleding
- grind
- (geprefabriceerde) mat
- rijshout
- stortsteen
- mastiek
- penetratiemortels
- dicht steenasfalt
- grof zand
- kunststofweefsel

Filter
- grind
- rijshout (kraagstuk)
- kunststofweefsel
- stortsteen
- slakken
- mijnsteen
- zandasfalt

Afdichting
- klei
- mastiek
- membranen

Uitvulling
- mijnsteen
- zand
- puin (kleine aanvullingen)
- zandasfalt (kleine aanvullingen)

De belastingen die op de constructie als geheel en (of) op de diverse constructieonderdelen kunnen werken zijn:

- stroming
- golfaanval
- grondwaterstroming
- grondmechanische belasting
- recreatie
- weer en wind
- drijvend vuil
- milieu

Elk constructieonderdeel kan aangesproken worden door een of meer van bovengenoemde belastingen.
Daarbij kan onderscheid worden gemaakt naar:
- Uitwendige belastingen die op de boven(top)laag van de constructie werken. Deze belastingen zijn doorgaans onafhankelijk van het constructiemateriaal en worden bepaald door externe factoren (hydraulische rondvoorwaarden; stroming en golfaanval, recreatie, weer en wind, drijvend vuil en milieu).
- Inwendige belastingen die zowel op de onderlaag (lagen) als op de toplaag van de constructie kunnen werken.
  Deze belastingen zijn vaak afhankelijk van het constructietype en van de aard van de toegepaste materialen. Voornaamste mechanisme hierbij is de grondwaterstroming, die mede door de extreme hydraulische belastingen wordt opgewekt.
  Genoemd kunnen worden filterwerking en wateroverdrukken op dichte constructies.
- Grondmechanische belasting die van belang is voor de stabiliteit van de gehele constructie, al dan niet met inbegrip van (een deel) van de oever.

Op basis van de eerder genoemde belastingen kunnen de volgende functionele eisen worden genoemd:

- stroombestendigheid
- stabiliteit bij golfaanval
- filterstabiliteit (bij doorlatende bekleding)
- stabiliteit bij overdrukken (bij ondoorlatende bekleding)
- flexibiliteit
- grondmechanische stabiliteit

BIJLAGE 8.5. PLANOLOGISCHE CODERING NATUUR, LANDSCHAP EN RECREATIE ASPECTEN OEVERS EN VERTALING NAAR SOORT OEVERBESCHERMING (uit: PWS-F, 1982).

In het Streekplan Friesland en in de gemeentelijke bestemmingsplannen zijn de beleidsuitgangspunten neergelegd welke een rol spelen bij de beoordeling van oeververdedigingsconstructies op de aspecten natuur, landschap en recreatie. Om de ontwerper behulpzaam te kunnen zijn wordt bij de provinciale planologische dienst een kaart voorbereid waarop in codevorm de waardering is aangegeven van de wateren in Friesland m.b.t. de bovengenoemde drie aspecten:

Code I^+ : "natuur$^+$", d.w.z. dat het behoud van de natuurlijke kwaliteiten van de oever gewenst is. De kwetsbaarheid voor ingrepen is matig tot zeer groot.

Code I^- : "natuur$^-$", d.w.z. dat de kwetsbaarheid van de oever vanuit het oogpunt "natuur" gering is. Mogelijk herstel van natuurlijke kwaliteiten moet evenwel niet buiten beschouwing blijven.

Code II^+ : "landschap$^+$", d.w.z. dat het landschappelijk visuele aspect richtinggevend moet zijn. M.a.w. het aanzien van de oever is een essentieel onderdeel van het landschap c.q. kan beelddrager zijn.

Code II^- : "landschap$^-$", d.w.z. dat het landschappelijk aspect wel een rol speelt, maar niet dominerend is (randvoorwaardenscheppend).

Code III^+: "recreatie$^+$", d.w.z. dat hoewel het woord recreatie veelomvattend is, slechts de mogelijkheid om aan de oever aan te kunnen leggen bepalend is.

Code III^-: "recreatie$^-$", d.w.z. dat de mogelijkheid tot aanleggen niet belangrijk is.

Ten overvloede wordt nog opgemerkt dat technische aspecten bij deze opzet geen rol hebben gespeeld. Pas na afweging van alle meespelende aspekten wordt voor een bepaalde constructie gekozen

Globale vertaling code's naar soort oeververdediging:

CODE-TYPEN			UITERLIJKE VORM
I	II	III	
natuur$^+$	landschap$^-$	recreatie$^-$	Natuurbouw, gericht op herstel van de oeverbegroeiing, niet afwijkend qua
natuur$^+$	landschap$^+$	recreatie$^-$	vorm en uiterlijk met de aansluitende oevers. Hulpconstructies zoals kleizoden, vlechttuinen, golfschotten e.d. zullen na verloop van tijd in de begroeiing zijn opgenomen (opofferende constructies).
natuur$^-$	landschap$^+$	recreatie$^-$	Aangepaste natuurbouw, gericht op herstel van de oeverlijn door verdedigingsconstructies die zo min mogelijk afwijken van de nog in goede staat verkerende aansluitende oevers. Onder andere glooiende en dynamische constructies waarvan de basis, zoals b.v. stortsteen door begroeiing met riet na enige tijd niet meer zichtbaar zijn. Zoveel mogelijk moet de vloeiende oeverlijn gevolgd worden.
natuur$^-$	landschap$^+$	recreatie$^+$	Vriendelijke civieltechnische aanpassingen zijn toelaatbaar, zoals verticale constr. op geringe hoogte boven water uitstekend, glooiende constructies niet boven water uitkomend. Door begroeiingen (al of niet geplant) wordt uiteindelijk de constructie aan het oog onttrokken. Aanlegplaatsen zijn aanvaardbaar.
natuur$^-$	landschap$^-$	recreatie$^+$	Streng civieltechnische aanpassingen zijn ook toelaatbaar, zoals verticaal kerende wanden, waarbij eventueel mogelijkheid van aanleggen. Beplanting met oevervegetatie blijft wenselijk.
natuur$^-$	landschap$^-$	recreatie$^-$	Streng civieltechnische aanpassingen zijn toelaatbaar waarbij geen aanlegnelegenheid mag worden geboden, zoals o.a. in de vorm van glooiende steenbestortingen. Beplanting met oevervegetatie blijft wenselijk.

Oevers kunnen voor diverse recreatieve activiteiten functioneren. Te noemen zijn:
- het bieden van mogelijkheden voor het afmeren van boten;
- het bieden van mogelijkheden voor de oeverrecreatie, al dan niet gepaard gaande met het bieden van een gelegenheid om het water in te gaan;
- het bieden van mogelijkheden voor het te water laten van boten;
- het bieden van mogelijkheden voor de sportvisserij;
- het bieden van mogelijkheden voor de "opslag" van boten en dergelijke op de oever;

De eisen die door de recreatieve functies worden gesteld zijn globaal samen te vatten als de noodzaak om ruimte te bieden voor activiteiten, het bieden van een voldoende droge en draagkrachtige oever en het instandhouden van een van het gebruik afhankelijke overgang water/land. Met name ten aanzien van de eigenlijke vorm van de oever en de oeververdediging stellen de diverse recreatieve activiteiten uiteenlopende eisen. Hierna volgen een aantal eisen waaraan oevers zouden moeten voldoen.

Recreatie-activiteiten	Eisen aan de oever
1. Zonnebaden, zwemmen, pootje baden	- draagkrachtige oever, ook onder water, liefst een zandbodem, wat verder van de oever ook gras, zowel onder als boven water een geleidelijk verlopend talud. Onder water 1:20 à 40 tot een diepte van ± 1,50 m', goed beloopbaar, eerst na een waterdiepte van ± 2,00 m' kan een steiler talud worden toegepast. Het deel boven water niet steiler dan 1:5, tot 1:30 of flauwer. De overgang water-land zelf zo mogelijk 1:2 à 1:4 tot op een waterdiepte van 0,20 m' ter beperking van de hinder van de mogelijk optredende anaerobe zone met mogelijkheden van sulfaatreductie, zwartkleuring en stankbezwaar. Een windbeschuttende en rugdekking gevende beplanting wordt gewaardeerd.
2. Zonnebaden, picknicken zonder zwemmen en baden	- draagkrachtige oever; goede grasmat, de oeverconstructie moet niet te uitnodigend zijn om te water te gaan.
3. Sportvissen	- de sportvisserij kent de laatste jaren zo'n diversiteit aan speciale vistechnieken, waarbij de hengelaar veel meer inspeelt op de natuurlijke omstandigheden, dat het niet doenlijk is een standaard visoever te beschrijven. Vis op zich is gebaat bij een zo natuurlijk mogelijk milieu. De hengelaar zelf heeft vooral belang bij een goed beloopbare oever. Voor de rolstoelgebruikers is zelfs een gesloten verharding noodzakelijk. De hengelaar zit of loopt graag zo dicht mogelijk bij de waterlijn doch zo laag mogelijk boven water. De waterdiepte moet globaal zodanig zijn dat op 5 m' tot 8 m' uit de wal ± 1,50 m' water staat. Ter plekke van de visplaats zelf liefst weinig beplanting. Een smalle rietkraag is erg aantrekkelijk. Is de rietkraag breder dan kunnen ter bescherming van deze vegetatie viasteigers gewenst zijn. Op goed toegankelijke locaties, die vooral in trek zijn bij de hengelaars die hun gezin meenemen, moet op enige afstand van de oever ruimte zijn voor picknick, spel of zonnen. Situering van de visoevers zo mogelijk op een noord- of zuidoever.
4. Plankzeilen	- draagkrachtige oever inclusief het onderwatertalud dat over een breedte van ± 20 m' liefst niet dieper dan 0,60 m' moet zijn. Goede toegankelijkheid vanaf de weg. Zo min mogelijk beschuttende beplanting. Oriëntering zo mogelijk op het westen gericht.
5. Kleine watersport, zoals kanoën en roeien	- bij overdraagplaatsen e.d. een verticale oever zonder obstakels. Gladde lage oeververdediging, zonder verticaal uitstekende delen; bij voorkeur niet hoger dan ca. 0,20 m', liever lager. Waterdiepte voor de oever minimaal 0,50 m'. De oever dient goed draagkrachtig te zijn.
6. Watersport	- draagkrachtige oever, verticale oeververdediging of steiger met voldoende afmeermogelijkheden (meerpaaltjes of bolders). Hoogte van de beschoeiing afhankelijk van de te verwachten boottypen variërend tussen 0,30 m' en 1.00 m'. Waterdiepte voor de oever afhankelijk van het vaarwater en de te verwachten boottypen. Enige beschuttende beplanting is wenselijk.
7. Schaatssport	- plaatselijk verticale oeverbescherming, maximaal 0,40 m' boven waterpeil, zonder rietbegroeiing. Beschuttende beplanting is wenselijk.

9. HIATEN IN KENNIS EN ERVARING EN AANBEVELINGEN VOOR (EXPERIMENTEEL) ONDERZOEK

Deze literatuurstudie heeft geresulteerd in een aantal richtlijnen voor het ontwerpen van natuurlijke en natuurtechnische oeverbeschermingen en in een groot aantal voorbeelden van mogelijke ontwerpen.
Voor elke oever zal echter een "op maat gesneden" ontwerp gemaakt moeten worden, omdat elke situatie anders is. Het probleem is dat dit ecologisch en technisch "pasklaar maken" van een natuurtechnische oeverbescherming voor een bepaalde oever aan de hand van vaak summiere gegevens van het betreffende oevermilieu moet geschieden. Men kan zich het best behelpen door de betreffende situatie te vergelijken met qua standplaatsfactoren vergelijkbare situaties elders, waar nog (restanten van) een natuurlijke oevervegatie aanwezig is (zijn), of met succes een natuurtechnische oeverbescherming is toegepast. Oevervegetaties langs het betreffende water zelf leveren uiteraard ook informatie.
Het is vrijwel onmogelijk om de resultante van de vele op elkaar inwerkende factoren en processen in een oevermilieu te bepalen. Daarnaast zijn vele factoren zelf nog onvoldoende bestudeerd.

Bij het ontwerpen van een natuurlijke of natuurtechnische oeverbescherming komt de behoefte naar voren kennis te hebben van:

1. De hydrodynamische condities in de oeverzone (golfbeweging, stroming, waterstandswisseling) en hoe deze de bodem en vegetatie beïnvloeden. Wat is de oorzaak en hoe verloopt het erosieproces van zowel oever als vooroever (onderwatertalud).

2. De geomorfologie van de oever (het oeverprofiel) en de veranderingen die daarin (kunnen) optreden (steil/flauw talud, aanwezigheid geulen e.d.).

3. De hydraulische eigenschappen van water- en oeverplanten, ofwel de mate waarin de oevervegetatie kan bijdragen aan de sterkte van de oeverbescherming en golfdemping.

4. De standplaatsfactoren (hydrodynamische condities, bodem, beheer, gebruik, waterkwaliteit) in het oevermilieu en de samenstelling, zonatie en successie van de actuele en potentiële oevervegetatie.

5. De ecologische amplitudes van de water- en oeverplanten voor de verschillende standplaatsfactoren (hydrodynamische condities, waterkwaliteit, bodem, beheer, enz.).

ad 1. Vaak is alleen duidelijk dat oevererosie optreedt, maar is onbekend wat de oorzaken zijn en hoe het erosieproces als resultante van golven, stroming, bodemsamenstelling, oeverprofiel en plantengroei plaatsvindt. Kennis hiervan is nodig om op de juiste manier in te kunnen grijpen met bepaalde maatregelen.

ad 2. Vaak zijn geen gemeten oeverprofielen tot op de droge oever voorhanden. De geomorfologische ontwikkelingen in de oeverzones worden zelden of nooit gevolgd.

ad 3. Kennis van de hydraulische eigenschappen van zowel het technische als het natuurlijke deel van de natuurtechnische constructie is nodig om de oeverbeschermende werking te kennen. Voor civieltechnische materialen is dit voldoende bekend. Er zijn echter weinig of geen kwantitatieve gegevens over de hydraulische eigenschappen van planten.

ad 4. Gegevens over de standplaatsfactoren, de mate van optredende erosie en de actuele en potentiële oevervegetatie langs wateren zijn in vele gevallen niet of onvolledig (alleen kwalitatief) bekend.

ad 4 en 5. De keuze van een plant voor het vervullen van een bepaalde functie zal aan de hand van de natuurlijke patronen moeten geschieden, wil men een mechanisch en ecologisch stabiele oever creëren. Gegevens over de oecologische amplitudes van planten zijn vaak alleen min of meer kwalitatief bekend. Er zijn weinig kwantitatieve gegevens voorhanden.

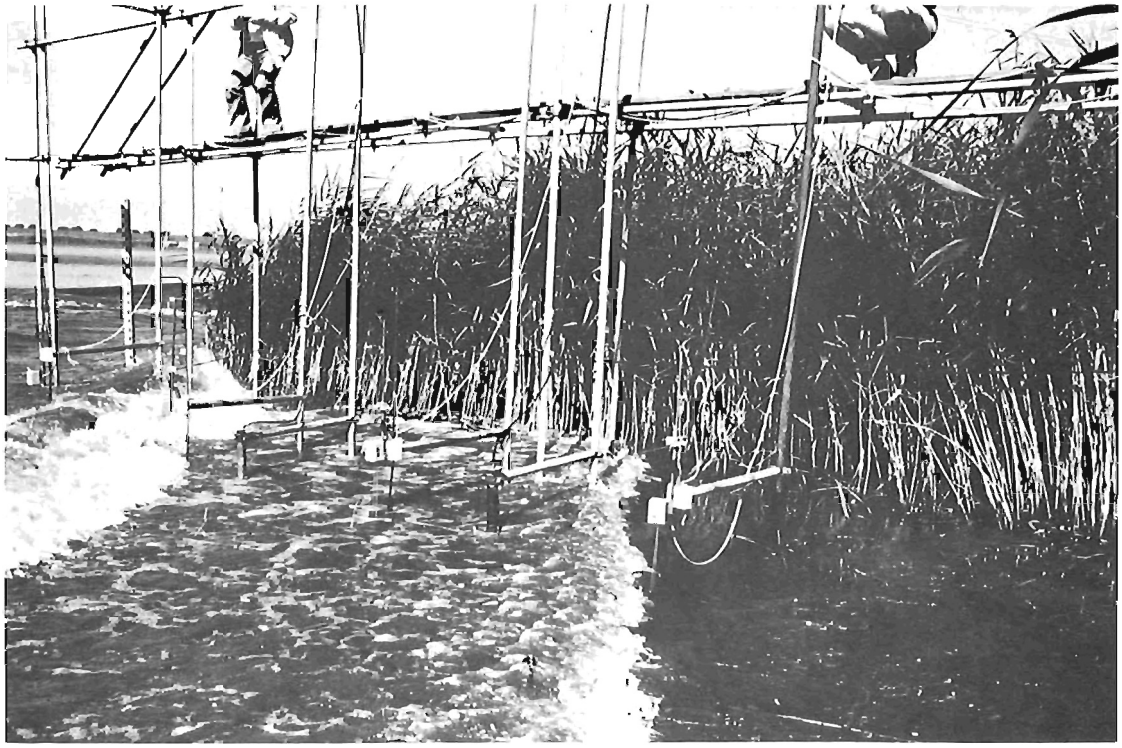


foto 41. Onderzoek naaar de golfdemping van een rietkraag in het Waardkanaal in de Wieringermeerpolder.

foto 42. Onderzoek naar de doorgroeibaarheid van filterweefsels.

Gezien de hiaten in kennis, inzicht en ervaring op het gebied van oevermilieus en de toepassing van natuurtechnische oeverbeschermingen worden de volgende aanbevelingen voor (experimenteel) onderzoek gedaan:

1a. Onderzoek naar het gedrag van wind- en scheepvaartgolven boven een ondiepe vooroever met een bepaald talud (waterdiepte afnemend van 100 naar 0 cm) en hun eroderende invloed op de oever bij de waterlijn en op de vooroever; zowel bij lage als hoge golfdynamiek en zowel voor bekkens als voor rivieren en kanalen (golf- en stroommetingen, vooral dicht bij de bodem).

1b. Onderzoek naar de eroderende werking van stroming op ondiepe vooroevers.

2. Onderzoek bij 1. met verschillende onderwatertaluds (lang-kort, steil-flauw).

3. Onderzoek bij 1. en 2. met verschillende bodemsamenstelling.

4. Onderzoek bij 1., 2. en 3. met verschillende oevervegetaties.

5. Onderzoek naar de invloed en grootte van dwars- en langstransport in ondiepe vooroevers onder invloed van wind- en scheepvaartgolven.

6. Onderzoek naar de relatie tussen de erosiegevoeligheid van oeverplanten en de eigenschappen van de bodem (rekening houdend met seizoensinvloeden).

7. Onderzoek naar de randvoorwaarden voor vestiging en groei van riet en andere belangrijke oeverplanten (bijv. duurproeven met golfaanvallen en (onregelmatige) waterstandswisselingen).

8. Onderzoek naar de optimale breedte en optimale dichtheid van een rietkraag (en andere oevervegetaties) voor verschillende maten van wind- en scheepvaartgolfdynamiek.

9. Onderzoek naar de meest geschikte riet-typen die in diverse milieu omstandigheden een optimale oeverbescherming geven.

10. Onderzoek naar de effecten van beheer en onderhoud met betrekking tot kwaliteit en dempende en bodembeschermende werking van oevervegetaties.

11. Onderzoek naar de doorgroeibaarheid van kunststof filterweefsels. Hierbij onderscheid makend tussen worteldoorgroei en spruitdoorgroei.
12. Onderzoek naar de be- en doorgroeibaarheid van oeverbeschermingsconstructies en naar de zich erop en ertussen ontwikkelde (macro)-fauna.
13. Onderzoek naar de beheers- en onderhoudskosten van oevervegetaties en de afzetmarkt voor riet en mattenbies.

14. Onderzoek naar de toelaatbaarheid van meer opgaande begroeiingen van zacht- en hardhoutzonesoorten op waterkeringen in verband met waterafvoerbelemmering en erosieproblemen.

Een taak van de oeverbeheerder zou moeten zijn het verzamelen, bijhouden en zonodig zelf (laten) meten van gegevens betreffende:
- de oeverprofielontwikkeling (mate van erosie, verdieping, enz.)
- de golfdynamiek (wind- en scheepvaartgolven)
- de stroming
- de waterstandswisselingen (waterstandsduurlijn)
- de oeverflora en -fauna
- de bodemsamenstelling
- de waterkwaliteit
- het beheer/gebruik van de oever

Wanneer oeverbeschermende maatregelen getroffen moeten worden kunnen dan snel de voor een ecologisch inpasbare natuurtechnische oeverbescherming benodigde veldgegevens beschikbaar zijn.
Met het ontwerpen en aanleggen van natuurtechnische oeverbeschermingen is in Nederland nog niet veel ervaring opgedaan. Het verdient daarom aanbeveling de voor lange trajecten voorgestelde oeverbeschermingen

eerst in proefvakken aan te leggen en na een driejarige ontwikkeling de oeverbeschermende eigenschappen en de natuur- en landschapswaarde te evalueren.

10. LITERATUUR

Om het zoeken naar literatuur over een bepaald onderwerp te vergemakkelijken is de literatuurlijst ingedeeld naar een aantal onderwerpen. De indeling is op basis van het hoofdonderwerp van het boek, rapport of artikel.

1. Oevers, oeverbescherming, algemeen
2. Natuurlijke en natuurtechnische oeverbescherming
3. Oevervegetatie, riet en biezen
4. Oevervegetatie, peilfluctuaties
5. Oevervegetatie, waterkwaliteit
6. Oevervegetatie, beheer
7. Oevervegetatie, dieren
8. Oevers, inrichting, recreatie
9. Golven, stroming, erosie

10.1. OEVERS, OEVERBESCHERMING, ALGEMEEN

Acht, W.N.M. van, 1979 - Oevers, oeverbescherming, planten en dieren. Werkdocument, Lelystad RIJP, 1979.

Anonymus, z.j. - Riet met kunststoffolie als oeverbescherming.

Anonymus, 1969 - Eilanden, oeverstroken en oeververdedigingen in en aan het Veerse Meer. Driemaandelijks Bericht Deltawerken nr. 50, 1969: 523-528.

Anonymus, 1971 - De ontwikkeling van zink- en kraagstukken voor bodem- en oeverbescherming. Polytechnisch Tijdschrift 3-2-'71: 113-116.

Anonymus, 1972 - De oevers van de Deltameren. Driemaandelijks Bericht Deltawerken nr. 62, 1972: 71-83.

Anonymus, 1974 - De natuurwetenschappelijke waarde van de ondiepe gebieden in het Grevelingenmeer. Driemaandelijks Bericht Deltawerken nr. 70, 1974: 515-521.

Anonymus, 1974 - Oevertypen in het Grevelingenmeer. Driemaandelijks Bericht Deltawerken nr. 69: 456-464.

Anonymus, 1977 - Oeververdedigingen in het Veerse Meer en het Grevelingenmeer. Driemaandelijks Bericht Deltawerken nr. 80, 1977: 533-538.

Anonymus, 1983 - Oeverbeschermingen. Techniek & Wetenschap 2 (1983) nr. 7.

Blaauw, H.G. e.a., 1983 - Nieuwe inzichten in het ontwerpen van oeverbeschermingsconstructies. Civiele en bouwkundige techniek nr. 7 (mei 1983): 9-20.

Blaauw, H.G., M.T. de Groot, F.C.M. van der Knaap en K.W. Pilarczyk, 1984 - Design of Bank Protection of Inland Navigation Fairways. To be presented at the International Conference on Flexible Armoured Revetments Incorporating Geotextiles, London, March 29-30, 1984.

Broeke, P.A. van de, z.j. - Enkele beschouwingen over taluds aan de hand van praktijkgevallen. Driesum Waterschap "De Wälden".

Burgt, H.J.G. van de, 1981 - Problematiek rond verticale oeververdedigingen. In opdracht van Projectgroep Onderzoek Oeververdediging, Leeuwarden, juni 1981.

Bursali, S., 1973 - Economic revetments for protecting the banks of Meric and Ergine river flood canals against wave erosion. Internat. symp. river mechanics, Bangkok, Thailand. Internat. Assoc. Hydraulic Res: 203-212, 1973.

Dobbie, C.H. and Partners, 1980 - Report on Bank Protection in Rivers and Canals. Hydraulics Res. Stn. Wallingford, 1980.

Drooger, W. (voorzitter), 1983 - Handboek oeverbeschermingsconstructies. Nederlandse vereniging kust- en oeverwerken Rotterdam: K en O, 1983.

Fabritius, H.E., 1979 - Beheersschets voor de buitendijkse terreinen aan Haringvliet, Spui en Hollands Diep. Staatsbosbeheer, Consulentschap Natuurbehoud, Zuid-Holland, 1979.

Friesche Waterschapsbond en Heidemij Ned. B.V., 1978 - Werk aan de waterkant (een opsomming van de oeverproblemen in Friesland), 1978.

Fortuin, A.W., 1986 - Effecten van oeverbescherming (en peilbeheer) in Veerse Meer en Grevelingen op bodemdieren in de oeverzone. Bureau Waardenburg B.V., 1986.

Fortuin, A.W., 1986 - Effecten van oeverbescherming in Veerse Meer en Grevelingen op de bodemflora en -fauna. Bureau Waardenburg B.V., 1986.

Gelder, J. van, 1979 - De oeverproblemen bij Frieslands meren en kanalen. Polytechnisch tijdschrift-b 34 (1979) nr. 10: 618-623.

Geveke, J., z.j. - Het "gedrag" van oeverbeschermende constructies. Oranjewoud magazine, z.j., p. 10-12.

Heidemij, 1978 - Rapport De Middelsékrite. Raamplan oeverherstel. Heidemij Nederland b.v. 1978.

Hoogeweij, W.C., 1980 - Oeverconstructies. Uit: Groen (1980) 7: 296-299.

Jong, J.C. de, z.j. - Zandvangmatten als talud- en bodembedekking voor waterlopen. Roermond C.D.

KIVI, 1983 - Nieuwe inzichten in het ontwerpen van oeverbeschermingsconstructies. Verslag KIVI Symposium, 25 mei 1983. Rijkswaterstaat, Gemeentewerken R'dam, Waterloopkundig laboratorium, lab. voor grondmechanica, vereniging kunst- en oeverwerken, PIANC.

Kuijpers, J.W.M., 1985 - De Spuimond, een nationaal natuurgebied II. De Beninger Slikken. De levende natuur, 86e jrg. nr. 5: 171-174.

Kuiken, B., 1968 - Oeververdediging langs de IJssel. Polytechnisch Tijdschrift 24-5-'68: 430-434.

K en O, 1975 - Symposium "Kunststoffen en oeverbescherming"". Nederlandse Vereniging Kust- en Oeverwerken, Delft 1975.

K en O ,1979 - Kust- en oeverwerken in praktijk en theorie. Uitgave van de Ned. Ver. Kust- en Oeverwerken over het Symposium over oeverbeschermingen, georganiseerd op 8 maart 1979 ter gelegenheid van het 25-jarig jubileum.

Kroon, G.J.A., 1985 - Vogels, oevers en oeverbeschermingen in Veerse Meer en Grevelingenmeer. Studentenrapport nr. DDMI-85.02 Rijkswaterstaat Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting/Mollerinstituut afd. Biologie.

Linden, M. van, 1985 - Golfdempende constructies (behandelt drijvende en andere open golfdempende constructies), TH Delft, Delft University Press, 1985.

Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1985 - Omgaan met water; naar een integraal waterbeleid. Beleidsnotitie 1985.

Mörzer Bruyns, 1977 - Natuurbeschermings-aspecten van beïnvloeding en beheer. Syllabus vakgr. Natuurbehoud en -beheer L.H. Wageningen, 1977.

Natuurmonumenten, 1985 - Verslag studiedag Haringvliet/29 nov. 1984. Natuurmonumenten Staatsbosbeheer, Stichting Het Zuidhollands Landschap, 1985.

N.W.C., 1979 - De verstening van de oevers van de grote rivieren. (enige invloeden van waterstaatswerken op natuur en landschap). Werkgroep rivieroevers van de Natuurwetenschappelijke Commissie van de Natuurbeschermingsraad.

Ouweneel, G.L., 1985 - De Spuimond, een nationaal natuurgebied II. De Korendijkse Slikken. De Levende Natuur 86ste jrg. nr. 5 blz. 168-171.

Overkamp, E.T.M., 1974 - Oevertypen van het Aardbeieneiland. Stageverslag praktikant Bosbouw- en Cultuurtechnische School. Deltadienst Rijkswaterstaat Afdeling Milieu-Onderzoek, 1974.

PWS-F, 1982 - Oeververdedigingen in Friesland. Eindrapport van de Projectgroep Onderzoek Oeververdedigingen ingesteld door Gedeputeerde Staten van Friesland. Provinciale Waterstaat Friesland, dec. 1982.

RWS-Z.H., 1972 - Oeverbescherming van zandputten. Provinciale Waterstaat Zuid-Holland, juni 1972.

Pilon, J.J., 1968 - Ontwikkelingen langs de oevers van wateren. Notitie, 1968.

RWS Afd. ONW, 1982 - Inventarisatie en beperkte analyse van een deel van de in 1970 aanwezige oeververdedigings-constructies langs vaarwegen in Nederland. RWS Afd. Ontw. Nieuwe Werkmethoden, 1982. WL- M1115 - deel IX, ONW-R81027.

RWS D.V.K. Hoofdafd. Scheepvaart, 1984 - Overzicht van te inventariseren aspecten van oeververdedigingen, 1984.

Rijkswaterstaat/Staatsbosbeheer, 1985. - Oeverafslag in het Hollandsch Diep. Nota van de werkgroep oeverafslag Hollandsch Diep, 1985.

Saeijs, H.L.F. en J. Visser, 1973 - Oeververdediging Aardbeieneiland. RWS Deltadienst, afd, Milieu-Onderzoek nota 73-29, 1973.

SBB-Nb Zuid-Holland, 1980 - Oeverafslag in het Haringvliet. Nota van de werkgroep Oeverafslag Haringvliet, SBB-Nb Zuid-Holland, 1980.

Schröder, W., 1981 - Erfahrungen über Gehölzufersicherung mit Autoreifenmatten. Wasserwirtschaft 71 (1981) 9.

Thijsen, W., 1976 - Oeverbescherming - planten, dieren en mensen. Een poging tot een vergelijking van een niet alledaagse gemeenschap tussen cultuur en natuur. Polytechnisch Tijdschrift-b 31 (1976), nr. 7-446.

Veer, P. van der, 1979 - Oeverbescherming. Polytechnisch tijdschrift Bouwkunde, wegen- en waterbouw 34 (1979) nr. 10-608.

Visser, C.A., 1983 - Projectplan OEVERS (M0100). Onderzoek oeverontwikkelingen en oeververdedigingen in stagnante bekkens. RWS Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, DDMI-notitie-83.165.

Werkgroep bescherming oevers recreatiewateren, 1978 - Rapport inzake de inventarisatie van de onderhoudstoestand van de oeverbeschermingen van wateren in Noord-Holland en enige voorstellen tot het verbeteren resp. vernieuwen van deze beschermingen, het maken van beschermingen langs onbeschermde oevers en het treffen van voorzieningen van andere aard. Noord-Holland, 1978.

Werkgroep Taluds, 1969 - Taluds en waterlopen.

10.2. NATUURLIJKE EN NATUURTECHNISCHE OEVERBESCHERMING

Acht, W.N.M. van en J.T.M. Sessink, 1982 - Natuurlijke oeverbescherming. Vakbl. Biologen 62 (20), 1982: 406-409.

Adriaanse, L.A., 1984 - Verslag werkbezoek natuurlijke oeverbeschermingssystemen Lauwersmeer (d.d. 5 maart 1984). RWS-DDMI-notitie 84.233, projectgroep OEVERS.

Arens, M., 1965 - Der biologische Wasserbau an Schiffahrtskanälen. Uit: Der biologischen Wasserbau an den Bundeswasserstrassen. Verlag Eugen Ulmer, 1965: 148193.

Arkel, B. van, H. van den Akker, W. Nieuwenhuis, 1979 - Natuurtechnische milieubouw in Nederland. Afstudeerscriptie Hogere Bosbouw en Cultuurtechnische School, PPD

Utrecht, mei 1979, Velp. Een beschrijvende inventarisatie van natuurtechnische milieubouwprojecten.

Bache, D.H. en J.A. MacAskill, 1981 - Vegetation in coastal and streambank protection. In: Landscape Planning 8, 1981: 363-385. Elsevier Scientific Publishing Company.

Baumeister, W. en E. Burrichter, 1953 - Biologische Uferbefestigung und Schilfvermehrung. Umschau 1953, Heft 5: 147-149.

Binder, W., W. Gröbmaier, 1978 - Bach- und Flussläufe - ihre Gestalt und Pflege. In: Garten und Landschaft, januar 1978 1: 25-30.

Bittmann, E., 1953 - Das Schilf und seine Verwendung im Wasserbau. Angew. Pflanzensoz. 17: 49-55. Stolzenau/Weser 1953.

Bittmann, E., 1961 - Über der Bedeutung der Ufervegetation für Wasserbau und Gewässerpflege. An gew. Pflanzensoz. 17: 49-55. Stolze nau/Wester, 1961.

Bittmann, E. e.a., 1965 - Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen. Verlag Eugen Ulmer, 1965. Zie E. Bittmann; M. Arens; J. Wallner; H.A. Klein; H. Knöpp en P. Kothé.

Bittmann, E., 1965 - Grundlagen und Methoden des biologischen Wasserbaus. In: Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen. Verlag Eugen Ulmer 1965, hfst. 2: 17-72.

Boer, D. de, 1978 - Oeverplanten en Beplantingen op Rivieroevers. Doctoraalverslag Landbouwhogeschool Wageningen, vakgroep Natuurbehoud en Beheer, LH-Nb nr. 451.

Bonham, A.J., 1980 - Bank protection using emergent plants against boat wash in rivers and canals. Wallingford hydraulic Research Station 1980, report no. I.T. 206.

Bonham, A.J., 1983 - The management of wave-spending vegetation as bank protection against boatwash. Biotechnical engineering series in: Landscape Planning, 10 (1983): 15 30. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam.

Bowie, A.J., 1982 - Investigations of vegetation for stabilizing eroding streambanks. Transactions of the ASAE 25 (1982) 6: 1601-1606.

Buchwald, K. e.a., 1969 - Handbuch für Landschaftspflege und Naturschutz, Band 4. Abschnitt 12.4.1.3: Uferschutz durch Ried und Rohr, und Abschnitt 12.4.3: Deichbau und Deichpflege auf biologischer Grundlage. München 1969.

Bürkle, F., 1978 - Lebendbau an Wasserläufen (Natural construction on watercourses). In: Garten und Landschaft, januar 1978, 1: 18-24.

Chardon, P., 1984 - Oevers, oevererosie, oeverbescherming (in het algemeen en in de Brabantse Biesbosch). Staatsbosbeheer, rapport

nr. 20-843-2, Dienstvak Natuurbehoud, Tilburg.

Deruyter, J., 1979 - Het gebruik van riet bij de bescherming van oevers. Groen Kontakt 4, 1979.

DIN (Deutsche Industrie Norm), 1973 - DIN 19657: Sicherungen an Gewässern, Deichen und Küstendünen, Richtlinien. Burggrafenstrasse 4-10, 1000 Berlin.

DVWK ,1984 - Ökologische Aspekte bei Ausbau und Unterhaltung von Flussgewässern. DVWK Merkblätter 204/1984, DK 627.4 Gewässerausbau, DK 574 Ökologie, ISBN 3-490-30497-7; Verlag Paul Parey, 1984.

Elderen, E. van, 1981 - Problematiek rond glooiende constructies en natuurbouwmethodes. In opdracht van Projectgroep Onderzoek Oeververdedigingen. Provinciale Waterstaat van Friesland, dec. 1981.

Fonseca, M.S., W. Judson - A low-cost planting technique for eelgrass (Zostera martina L.). Fort Belvoir, Va.: U.S. Army, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Springfield, available from NTIS 1982.

Goedewagen, M.A.J. e.a., 1955 - Wortelgroei en gronden, bestaande uit een bovengrond van klei en een ondergrond van zand. Den Haag. Ministerie van Landbouw en Visserij, 1955, nr. 61-7.

Hagemeyer, M.L. en J.T.M. Sessink, 1982 - De invloed van golfwerking op oevervegetatie. Werkdocument 1982-288 Abw. RIJP, Smedinghuis, Lelystad, 1982.

Houben, J.M.M.T., 1979 - Bodemgesteldheid en diepte van bewortteling. Wageningen. Stiboka, 1979, nr. 1459.

Hütterott, K., 1976 - Biologishe Uferschutz an fliessenden und stehenden Gewässern. Wasser und Boden (1976): 234-237.

Heizer, R.B., 1984 - Briefwisseling over rietaanplant van R.B. Heizer (The Soil Conservation Service (USA)) met L.A. Adriaanse (RWS-Deltadienst M.I.), 1984.

Kampf, H., 1981 - Natuurtechniek bij civiel- en cultuurtechnische werken. In: Tijdschrift Heidemij nr. 11 en 12 (1981).

Kervezee, R., 1985 - Oeverbescherming van enkele buitendijkse gebieden langs het Haringvliet. Afstudeeropdracht R.H.S.T.L. Boskoop, februari 1985.

Kidson, C. - The uses and limitations of vegetation in shore stabilization. Geography 44: 241-250.

Kiestra, S.A., 1979 - Oevervegetatie in het Lauwerszeegebied. Werkstuk stagiaire R.M.L.S. te Drachten, 1979. Intern verslag RIJP, afd. Lauwerszee.

Klein, H.A., 1965 - Der biologische Wasserbau an Tidegewässern und im Küstebereich. In: Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen. Verlag Eugen Ulmer, 1965, hft. 5: 194-244.

Kleine, H.D., 1969 - Die Röhrichtwalze als Uferschutz. Wasser und Bodem 10/1969.

Knutson, P.L., 1977 - Designing for bank erosion control with vegetation. Proceedings 5th symp. Waterway, Port, Coastal and Ocean Dic. Am. Soc. Civ. Eng. Charleston, S. Carolina. Am. Soc. Civ. Eng. New York, NY, 1977: 716-733.

Knutson, P.L., M.R. Inskeep, 1982 - Shore erosion control with salt marsh vegetation. Fort Belvoir, Va.: U.S. Army, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center; Springfield, Va.: available from NTIS, 1982.

Kogel, T.J. de, G.J. de Jong, 1979 - Proef oeververdediging Aardbeieneiland. Notitie DDMI-79.187, RWS-Deltadienst, 1979.

Koridon, A.H., 1973 - Proeven met een aangeplante oevervegetatie in de Lauwerszee. Intern rapport RIJP, nr. 327, 1973, Lelystad.

Koridon, A.H., 1974 - Oeveraanplant langs plasbermen en vaarten. Lelystad RIJP, 1974.

Köstler/Brückner, 1968 - Die Wurzeln der Waldbäume. Hamburg 1968.

Lange, G. e.a., 1977 - Naturnaher Gewässerbau. Kuratorium für Wasser und Kulturbauwesen, 1977.

Leeuwen, C.G. van, 1965 - Het verband tussen natuurlijke en antropogene landschapsvormen, bezien vanuit de betrekkingen in grensmilieus. Gorteria 2, no. 8, 1 maart 1965: 93-105.

Lewis, G. en G. Williams, 1984 - Rivers and Wildlife Handbook (a guide to practices with further the conservation of wildlife on rivers). Royal society for the protection of birds and the Royal Society for Nature Conservation. ISBN 0903138158, 1984.

Linke, H. en W. Meisner, 1969 - Ingenieurbiologische Bauweisen und Landeskultur. Berlin 1969: 48-63. A3 Röhricht als Uferschutz.

Little, E.C.S. e.a., 1968 - Handbook of utilization of aquatic plants, a compilation of the world's publications. Rome, FAO, 1968. FAO 1 F30.

Little, M.G. and Jones H.R., 1979 - The uses of herbaceous vegetation in the drawdown zone of reservoir margins. Water Res. Centre, Medmenham. Techn. Rep. No. TR 105, 20p. 1979.

Lohmeyer W., 1969 - Über einige bach-und flüssbegleitende nitrophile Stauden und Staudengesellschaften in Westdeutschland und ihre Bedeutung für den Uferschutz. Natur und Landschaft 44, 1969; p 271-273.

Lohmeyer, W. en A. Krause, 1974 - Über den Gehölzbewachs an kleinen Fliessgewässern Nordwestdeutschlands und seine Bedeutung für den Uferschutz. Natur und Landschaft 49 (1974) heft 12.

Mes, R.G., 1983 - De Sassenplaat in het Hollandsch Diep. Evaluatie van de reconstructie van een waterwild-gebied. Ecoland, bureau voor ecologisch onderzoek, Leeuwarden, 1983.

Meszmer, F., 1970 - Der Ufersaum, ein Wasserbau-Element. Natur und Landschaft (1970) Heft 4.

Midderham, H., 1978 - Literatuurstudie van bodembeschermende planten op wad en schor. Nota 78 H010 RWS - directie Noord-Holland. Studiedienst Hoorn.

Mifkovic, C.S. and M.S. Peterson, 1975 - Environmental Aspects - Sacramento-Bank Protection (California) in: Journal of the hydraulics division, Proc. Am. Soc. Civ. Eng. (1975) 101, p 543-555.

Minderhoud, J.W. en P. Zonderwijk, 1982 - Aanleg, beheer en onderhoud van de grasmat op rivierdijken. Waterschapsbelangen fig. 67 nr. 15 4-8-'82 blz. 410.

Mitchell, D.S., 1974 - Aquatic vegetation and its use and control. Paris (Unesco), 1974.

Münch, D., 1980 - Ausbau und Unterhalt von Gewässern. Garten und Landschaft 1/80 37-41.

Niemann, E., 1974 — Landschaftspflege an Gewässern auf ökologische Grundlage. Wasserwirtschaft - Wassertechnik 24 (5) (1974) p. 152-157.

Niemann, E., 1982 — Hochwasser und Uferschutzgehölze. Wasserwirtschaft-Wassertechnik 32 (1982) 10, p. 358-359.

Natuurmonumenten, 1985 — Oeververdediging van de Korendijkse en Beninger Slikken. De Levende Natuur, 86ste jrg. nr. 5, 1985, blz. 175.

Pfeffer, H., 1978 — Lebendbau und Landschaftspflege am Beispiel Untere Vils. In: Garten und Landschaft, Januar 1978 1, Seite 31-36.

PWS-F, 1982 — Oeververdedigingen in Friesland. Eindrapport van de Projectgroep Onderzoek Oeververdedigingen ingesteld door Gedeputeerde Staten van Friesland. Provinciale Waterstaat Friesland, dec. 1982.

Ramke-Sulingen, U., 1982 — Erfahrungen bei der Sicherung von Baggerseeböschungen. In: Wasser und Boden, jrg. 34, nr. 2, Febr. 1982: p. 6872.

RWS Deltadienst (MI), 1985 — Evaluatie-onderzoek oeververdedigingen Korendijkse en Beninger Slikken. RWS Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, projectgroep Oevers, DDMI-notitie 85.166, 1985.

RWS-DWW, 1986 - Verslag themadag milieuvriendelijke oevers te Ede (d.d. 4 juni 1985). Rijkswaterstaat, Dienst weg- en waterbouwkunde, 17 januari 1986.

RWS Directie Overijssel, 1985 - Overijsselse Vecht. Oeverbescherming met haar relevante belangen. Directie Overijssel, september 1985.

RIJP, z.j. - Afgedwongen land. De inrichting van het Lauwerszeegebied (gedeeltelijk overdruk).

Schiechtl, H.M., 1973 - Sicherungsarbeiten im Landschaftsbau. Callwey, München, 1973. ISBN 37667 02823. blz. 183-193.

Schlüter, U., 1971 - Lebendbau. Ingenieurbiologische Bauweisen und lebende Baustoffe. Callwey, München ISBN 37667 02122, 1971.

Schmid, A.S., 1983 - Design in the river landscape. Biotechnical engineering series in: Landscape Planning, 10 (1983) 31-41 Elsevier Science publishers B.V. Amsterdam.

Schouwenaars, J.M., 1980 - Enkele aspecten van natuurbouw in de bondsrepubliek Duitsland en Zwiterland; verslag van een studiereis. Wageningen L.H. vakgroep Cultuurtechniek, 1980: med. 37.

Seibert, P., 1967 - Importance of natural vegetation for the protection of the banks of streams, rivers and canals. Council of Europe; European committee for the

conservation of nature and natural resources, Strassbourg, 1967. Exp/Nat (66) 75. Or. Fr.

Seidel, K., 1967 - Biologischer Schutz unserer Seen durch Pflanzen. Osterr. Fischerei Zeitschrift (1967) 20: 3-7.

Sipkes, C., 1982 - Natuurtechniek, oeverbeplantingen. Tijdschrift Vereniging Kon. Ned. Heidemij, jrg. 93, nr. 3 (maart 1982): 139-141.

Steenkamp, B.P.C., 1985 - Doorgroeibaarheid van kunststofweefsels toegepast in oeververdedigingen. Verslag stage milieucursus DDMI mei/juni 1985.

Swart, B.J., 1981 - Voorstel voor inrichting en beheer van twee oevers van de Centrale Plas in Almere. Werkdocument, Lelystad, RIJP 1981.

Swart, B.J., 1981 - Voorstel tot het doen van proeven met een oeverbescherming van planten in de grachten van Almere-Stad. Werkdocument Lelystad, RIJP 1981.

Tiews, K. e.a., 1978 - Bedeutung der Ufervegetation in Binnengewässern, Schutz und Regulierung. 7 Vorträge. In Des Deutschen Fischerei-Verbandes, Heft 25, 1978.

Tutein Nolthenius, C., 1986 - Riet - aanleg, beheer en onderhoud I. Bosbouwvoorlichting nr. 2: 16-20, februari 1986.

Tutein-Nolthenius, C. en S.J. Vroom, 1979 - Het aanleggen van rietoevers met uit zaad gekweekte planten. In: Polytechnisch Tijdschrift-b 34 (1974) nr. 10: 610-617.

Visser, C.A., 1985 - Mogelijke oeverbeschermingsmaatregelen t.p.v. Zwijndrechtse Kribben. Rijkswaterstaat Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, DDMI-notitie 85.372.

Visser, C.A., L.A. Adriaanse P.F. Lindenberg, 1984 - Advies oeververdedigingen Beninger Slikken. Rijkswaterstaat Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting. Nota DDMI-84.13, 1984.

Visser, C.A., L.A. Adriaanse P.F. Lindenberg, 1983 - Advies oeververdedigingen Korendijkse Slikken. Rijkswaterstaat Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting. Nota DDMI-83.17, 1983.

Wallner, J., 1965 - Der biologischen Wasserbau an den natürlichen und kanalisierten Binnenwasserstrassen. Uit: Der biologischen Wasserbau an den Bundeswasserstrassen. Verlag Eugen Ulmer, 1965, hfst. 3: 79-147.

Webb, J.W. en J.D. Dodd, 1976 - Vegetation establishment and shoreline stabilization. Galveston Bay, Texas. Technical paper no. 76-13, august 1976. Department of the Army, Coastal Engineering Research Center (CERRE-EC) Kingman Building, Fort Belvoir, Virginia 22060.

Webb, J.W. en J.D. Dodd, 1978 - Shoreline plant establishment and use of a wave-stilling device. Miscellaneous Report no. 78-1, january 1978, Department of the Army, Coastal Engineering Center (CERRE-CE) Kingman Building, Fort Belvoir, Virginia 22060.

Weddle, A.E., 1983 - Editorial note. Biotechnical engineering series. Landscape Planning, 10 (1983) 1-2 Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.

Young, W.C., 1973 - Plants for shoreline erosion control in Southern areas of the United States. Geophysical monograph 17 American Geophysical Union, Washington, D.C. 1973. Man-made lakes: their problems and environmental effects.

10.3. OEVERVEGETATIE, RIET EN BIEZEN

Allsopp, A., z.j. - Land and water forms: Physiological aspects.

Anonymus, 1973 - Vegetatiegordels op en langs droogge-vallen oeverstroken. Driemaandelijks Bericht Deltawerken nr. 66, 1973: 284.

ANWB, 1983 - 11 instanties beginnen actie behoud rietoevers (persinformatie). ANWB, vakgroep Landschap en Monumenten, Postbus 93200, 2509 BA Den Haag.

Arber, A., 1972 - Water plants; a study of aquatic angiosperms, 1972.

Bakker, D., 1954 - Scirpus Lacustris L. sensu latu in the Netherlands. Acta Botanica Neerlandica vol. III 1954, blz. 430-445.

Bakker, D., 1957 - Over de veelvormigheid van Phragmites communis Trin in Nederland.

Bakker, D., 1968-'69 - Scirpus lacustris L. ssp. glaucus (Sm.) Hartm. x Scirpus triqueter L. (S x scheuchzeri Brügg) in Nederland. Gorteria 4 '68-'69, blz. 76-79.

Bakker, D., 1958 - Het riet in Oostelijk Flevoland. Kampen, 1958.

Bakker, J., 1958 - Van Zuiderzee tot IJsselmeer (botanisch beschouwd). Natura 1958, deel 55.

Bakker, D. en D.T. Biewinga, 1957 - Het riet in de Noordoostpolder. Van Zee tot Land, nr. 21, Zwolle, 1957.

Bakker, D. en A.C. Boer, 1954 - Mattenbiezen. De Levende Natuur nr. 57, 1954, blz. 30-35.

Beeftink, W.G., 1971 - Zout grondwater als oecologische factor voor natuurbouw en natuurbeheer. Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek, Yerseke, 1971.

Beeftink, W.G., 1971 - Ecologie en vegetatie m.b.t. het Deltaplan. In: De Gouden Delta, Symposium Gent, nov. '71. Pudoc Wageningen: 81 109.

Beeftink, W.G., M.C. Daane en W. de Munck, 1971 - Tien jaar botanisch-oecologische verkenningen langs het Veerse Meer. Mededeling nr. 94 van het Delta Instituut voor Hydrobiologisch Onderzoek te Yerseke, 1971.

Boezewinkel, F.D., 1967 - Onderzoek naar de oecologie van Phragmites communis in de omgeving van Kalenberg (N.W. Overijssel). Hugo de Vries laboratorium Amsterdam, RIVON, 1967.

Burian, K. en H. Sieghardt, 1979 - The primary producers of the Phragmites belt, their energy utilization and water balance.

Binz, H.R., J. Burnand en A. Grünig, 1980 - 1) Unsere Seeufer und das Röhricht in Vergangenheit und Gegenwart (A. Grünig)
2) Der schilfrückgang - ein Ingenieur problem? (H.R. Binz)
3) Die Entwicklung des Röhrichts am Zürcher Ufer des Zürichsees (J. Burnand).
In: Schilf - quo vadis? Zürich, 1980.

Christiansen, W. und C. Magens, 1940 - Eine wasserwirtschaftliche Auswerkung der vegetationskundlichen Kartierung. Deutsche Wasserwirtschaft 35 (1940) 3: 86-89.

Dahl, H.J., 1972 - Untersuchung von Pflanzenarten auf ihre Eignung zum Bau schwimmender Pflanzeninseln. Dissertation der Fakultät für Gartenbau und Landeskultur der Technischen Universität Hannover zur Erlangung der Würde eines Doktors der Gartenbauwissenschaften, 1972.

Diender, J. en A. Smit, 1970 - Kartering van de waterplantenbegroeiing in het Vossemeer, het Drontermeer en het noordelijk deel van het Veluwemeer in 1969. Intern Rapport no. 190. RIJP, wetenschappelijke afdeling, Kampen 1970.

Dikker, Th., 1974 - Het Riet. Een plantkundige beschrijving, de levenswijze en de eisen, die het riet stelt ten aanzien van zijn omgeving. Werkdocument 1974-275 Bbw RIJP Lelystad.

Donselaar, J. van, 1973 - Phragmitetalia-gemeenschappen in de uiterwaarden. 1) Inleiding Scirpetum lacustris. Gorteria nr. 6, 1973: 61 66.

Donselaar, J. van, 1973 - Phragmitetalia-gemeenschappen in de uiterwaarden. 2) Typhetum angustyfoliae, Typhetum latifoliae, Rorippo Oenanthetum en Sparganio-Sagittasietum. Gorteria 1973, no. 7: 109-117.

Donselaar, J. van - Het vegetatiekundig onderzoek van oude rivierlopen. Natuur en Landschap nr. 56: 203-213.

Donselaar-Ten Bokkel Huinink, W.A.E. van, 1961 - An ecological study of the vegetation in three former riverbeds. In: Wentia 5 (1961) p. 112-162.

Dijk, J.Z. van, z.j. - Over het voorkomen en de vitaliteit van de rietvegetatie langs het Veluwe Randmeer.

Dresscher, Th. G.N., 1944 - Voorloopige mededeeling over flora en fauna van de riet- en biezenvelden aan den oostelijken IJsselmeeloever. Biologie van de Zuiderzee tijdens haar droogligging nr. 6: 5-9. Den Helder, 1944.

Dijk, J. van, V. Westhoff, 1955 - De plantengroei der natuurgebieden in Noordwest Overijssel. Natuur en Landschap, 9e jrg. (1955) no. 2: 33-57.

Feekes, W., z.j. - De Piamer Kooiwaard en Makkumerwaard. Mededeling no. 46 der Zuiderzeecommissie: 289-330.

Glas, H., 1975 - 100 oever- en waterplanten. Amsterdam 1975, Fleur.

Grijseels, M., 1978 - De rietlanden van de Blankaart. Biol. Jb. Dodonaca 46 (1978): 128-144.

Halm, H. van, 1974 - De betekenis van het riet in het plassenmilieu. Recreatievoorzieningen 1974, nr. 5: 182-183.

Haslam, S.M., 1958 - Biological flora of the British Isles Phragmites communis Trin. List Br. Vasc. Pl (1958) no. 665.1.

Haslam, S.M., 1971 - Scheuthoogte en dichtheid in rietstanden. Hidrobiologia. Bucuresti, 1971.

Haslam, S.M., 1973 - Some aspects of the life history and autecology of phragmites communis Trin. A review. In Polskie Archivum Hydrobiologii 20/1:79-100, 1973.

Haslam, S.M., 1978 - River Plants. Cambridge University Press, 1978.

Hejny, S., 1960 - Indeling water- en oevervegetaties. Uit: Ökoligische Charakteristik der Wasser- und Sumpfpflanzen in den Slowakischen Tiefebenen (Donau und Theingebiet). Verlag Slowakischen Akademie der Wissenschaften of Tisza Bratislawa 1960, 487 blz.

Heukels/van der Meijden, 1983 - Flora van Nederland. Groningen (Wolters-Noordhoff), 1983.

Hemminga, M.A. en J. van der Toorn, 1970 - Toepassing van riet in de IJsselmeerpolders. Flevoberichten nr. 73, RIJP Zwolle, 1970.

Jong, S. de, 1986 - Het rooien en planten van biezen in Flevoland. RIJP-rapport 1986-10abw.

Kopecky, K., 1966 - Ökologische Hauptunterschiede zwischen Röhrichtgesellschaften fliessender und stehender Binnengewässer Mitteleuropas. Vol. 1: 93-192. The Folia geobotanica et phytotaxonomica, 31 mei 1966.

Kopecky, K., 1967 - Mitteleuropäische Flussröhrichtgesellschaften des Phalaridion arundinaceae-Verbandes. Limnologica (Berlin) 51, 1967: 39-79.

Kopecky, K., 1967 - Zur Polemik über die phytozonologische Erfassung der Flussröhrichtgesellschaften Mitteleuropas. Preslia (PRAHA): 40: 397-407, 1968.

Koridon, A.H., 1968 - Enige gegevens over de inwendige structuur van de stengel van Phragmites communis. Zwolle RIJP, 1968, intern rapport nr. 127.

Krausch, H.D., 1964 - Die Pflanzengesellschaften des Stechlinsee-Gebietes. II Röhrichte und Grossseggengesellschaften, Phragmitetea Tx & Prsg. 1942. Limnologica (Berlin) 2 4, 1964: 423-482.

Kruseman, G. Jr. en J. Vlieger, 1940 - Plantensociologische notities in de omstreken van Gouda. N.K.A. deel 51, 1940.

Kruijne, A.A., 1972 - Vegetatieve herkenning der voornaamste water- en oeverplanten. Wageningen (Pudoc), 1972.

Kuijpers, J.W.M., 1974 - De Beninger en Korendijkse Slikken. Onderzoek uitgevoerd in opdracht van de Deltadienst van Rijkswaterstaat, afdeling Milieuonderzoek te 's-Heer-Arendskerke, juli 1974.

Kuijpers, J. en H. van Stokkom - Vegetatiekartering Haringvliet-Hollandsch Diep, interimrapport: 1. Slijkplaat, 2. Beninger Slikken, 3. Esscheplaat-Zeehondenplaat. RWS Directie Benedenrivieren, RWS Meetkundige Dienst, juni 1985.

Lambert, J.M., 1944 - The distribution and status of Glyceria maxima (Hartm. Holmb.) in the region of Surlingham and Rockland Broads. Norfolk, 1944.

Lambert, J.M., 1946 - A note on the Physiognomy of Glyceria maxima Reedswamps in Norfolk, 1946.

Lumkes, L.M., 1968 - Rietzoden uit rietzaad. Proefstation voor de Akker- en Weidebouw, publicatie nr. 22, 1968.

Maeseneer, J. de, 1979 - Riet staat er niet zo maar. Betekenis van waterplanten voor vijver, meer, beek en rivier. Ingenieurstijdingen, 28e jaargang (1979) nr. 2. 29-34.

Markstein, B. Sukopp, H., 1980 - Die Ufervegetation der Berliner Havel 1962-77. Garten und Landschaft 1/80 30-60.

Meulemans, J.T., 1982 - Seizoensgebonden veranderingen in de bovengrondse biomassa van riet. Vakbl. Biol. 62 (20), 1982: 404-405.

Meyers, J, 1982 - Vegetatiekartering van de Sassenplaat. Studentenrapport 11-82 RWS Deltadienst, hoofdafdeling Milieu en Inrichting, Middelburg, 1980.

Mitchell, D.S., 1974 - Aquatic vegetation and its use and control. Paris (Unesco), 1974.

Mook, J.H., 1982 - Populatie-ecologisch onderzoek aan riet. Vakbl. Biol. 62 (20), 1982: 400-402.

Mulder, 1981 - Riet moet blijven, 1981: blz. 22 t/m 41. De oecologie en het beheer van riet.

Murphy, K.J. en J.W. Eaton, 1983 - Effects of pleasure-boat traffic on macrophyte growth in canals. Journal of Applied Ecology (1983), 20, (713-729).

Niemann, E., 1965 - Submontane und montane flussbegleitende Glanzgras - Röhrichte in Thüringen und ihre Beziehungen zu den hydrologischen Verhältnissen. Limnologica (Berlin) 3: 3 1965. 399-438.

Parma, S. e.a., 1983 - Eocologie van meren en plassen. Biologische Raad Reeks pp. 157. Pudoc Wageningen 1983.

Rietz, G.E. Du, z.j. - Das limnologisch - thalassologische Vegetationsstufensystem. Herkomst onbekend.

Rodewald-Rudescu, L., 1974 - Das Schilfrohr. Die Binnengewässer-Band XXVII, Stuttgart, Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung, 1974, 302 pp.

Robertus-Koster, E.J., 1968-'69 - Differentiatie van Scirpus maritimus L. in Nederland. Gorteria 4 '68-'69: 193-200.

RWS - Directie N.B., 1979 - Biologisch onderzoek aan natte oeverstroken langs het Wilhelminakanaal. Voorstel studie-opzet. 's-Hertogenbosch, RWS - Directie N.B., 1979.

Schmidt, E., 1974 - Ökosystem See. Quelle & Meyer, Heidelberg, 1974.

Segal, S., 1965 - Een vegetatieonderzoek van de hogere waterplanten in Nederland. Wetenschappelijke mededelingen KNNV no. 57, 1965.

Seidel, K., z.j. - Themanummer "Binsen", herkomst onbekend.

Seidel, K., 1953 - Binsen in Friedrichstadt und an der Eider. In: Die Heimat, nr. 60, jrg. 5: 145-146, 1953.

Seidel, K., 1955 - Die Flechtbinse in den Binnengewässern. Herkomst onbekend, 1955.

Seidel, K., 1955 - Die Flechtbinse Scirpus lacustris L., Ökologie, Morphologie und Entwicklung, ihre Stellung bei den Völkern und ihre wirtschaftliche Bedeutung. Stuttgart. "Die Binnengewässer" XXI. Band, 1955.

Seidel, K., 1959 - Scirpus-Kulturen. Sonderdruck aus "Archiv für Hydrobiologie", 1959, Bd. 56: 58-92.

Seidel, K., z.j. - Der Scirpus-lacustris-Gürtel, eine primäre oder sekundäre Erscheinung. Hydrobiologische Anstalt der Max Planck-Gesellschaft in Plön.

Seibert, P., 1967 - Importance of natural vegetation for the protection of the banks of streams, rivers and canals. Council of Europe; European committee for the conservation of nature and natural resources, Strassbourg, 1967. Exp./Nat (66) 75. Or. Fr.

Seyger, L.G., 1974 - De invloed van bomenschaduw op plantengroei in waterlopen. L.H.-Wageningen, Vakgroep Cultuurtechniek, 1974.

Smittenberg, J.C., 1971 - De oeverlanden van het Zuidlaardermeer. Rapport, hfst. III: Samenvattende beschrijving van de verschillende vegetatietypen, 1971.

Smittenberg, J.H. en Y. Roukema, 1979 - Ecologische inventarisatie van de meeroevers van Friesland. PPD Friesland, nr. 260, 1979.

Soet, F. de, 1974 - De waarden van de uiterwaarden (een milieukartering en -waardering van de uiterwaarden van IJssel, Rijn, Waal en Maas. Natuur en Landschap 1974-13-4: 245-283.

Steinberg, C., 1977 - Die Bedeutung des Röhrichts am Gewässern. Garten und Landschaft 8 (1977): 498-505.

Sukopp, H., 1971 - Effects of man, especially recreational activities on littoral macrophytes. Bucuresti Hidrobiologia t. 12 (1971); blz. 331-340.

Sukopp, H. und W. Kunick, 1969 - Die Ufervegetation der Berliner Havel. Natur und Landschaft 44: 287-292.

Tobler, F., 1943 - Stengelbau, Festigkeits- und Verwertungsunterschiede beim Schilfrohr (Phragmites communis Trin.), 1943.

Toorn, J. van der, 1972 - Variability of Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel in relation to the environment. Van zee tot land 48. RIJP rapporten en mededelingen inzake de Droogmaking, Ontginning en Sociaal Economische Opbouw der IJsselmeerpolders, 1972.

Tuinzing, W.D.J., 1974 - Riet, een verdienstelijk gewas. Recreatievoorzieningen 1974 nr. 5: 178-182.

Tyler, C., 1979 - Classification of Schoenus communities in south and southeast Sweden. Vegetatio vol. 41, 2: 69-84, 1979.

Vedder, A.N., A.A. Hoonhout en A.H. Koridon, 1981 - Rietonderzoek Oostvaardersplassen, Lelystad RIJP, 1981.

Westhoff, V. e.a., 1971 - Wilde Planten deel II; flora en vegetatie in onze natuurgebieden. 's-Graveland. Ver. tot behoud van natuurmonumenten 1971.

Westhoff, V., A.J. den Held e.a., 1969 - Plantengemeenschappen in Nederland. Zutphen, Thieme & Cie, 1969.

Zonneveld, J.S., 1960 - De Brabantse Biesbosch; een studie van bodem en vegetatie van een zoetwatergetijdendelta. Dissertatie, Wageningen 1960.

Zonneveld, J.S. - Over natuurreservaten in de Biesbosch en het Deltaplan. Natuur en Landschap 55: 113-129.

10.4. OEVERVEGETATIE, PEILFLUCTUATIES

Andersson, L., 1973 - Vegetationszoner och vattenstandssvariation vid sjön Mjörn. Svens Botanisk Tidskrift, Bd 67, 1973: 201-207.

Dienst der Zuiderzeewerken, 1974 - Frekwent voorkomende waterstanden in het IJsselmeergebied. Nota B 74-15, afdeling Waterloopkunde, 1974.

Garcia-Novo, F. and R.M.M. Crawford, 1973 - Soil aeration, nitrate reduction and flooding tolerance in higher plants. In: New Phytol. (1973) 72: 1031-1039.

Hejny, S., 1962 - Über die Bedeutung der Schwankungen des Wasserspiegels für die Charakteristik der Makrophytengesellschaften in den mitteleuropäischen Gewässern. Preslia 1962, 34: 359-367.

Johnson, P.N., 1972 - Applied ecological studies of shoreline vegetation at lakes Manapouri and Te Anau, Fiordland. Part 2: The lake edge flora-habitats and relations to lake levels. In: Proceedings of the New Zealand Ecological Society, vol. 19, 1972: 120-142.

Kluwer, M., 1974 - Vooronderzoek naar het verband tussen de oevervegetatie en de waterpeilvariatie in grote, zoete, eutrofe meren. Concept studentenrapport, RWS Deltadienst, afdeling Milieu-onderzoek, 1974.

Koster, L.M., 1975 - De invloed van een wisselende waterstand op de oevervegetatie (zaadplanten en varens). Pudoc UDC 551.588: 627.18 concept. Literatuuroverzicht, samengesteld in opdracht van RWS-Deltadienst, afdeling Milieu-onderzoek.

Kuflikowski, T., 1971 - The overgrowing of the dam reservoir at Goczalkowice in the years 1967-1969. Acta Hydrobiol. 13 3: 313-321, Krakow 1971.

Little, M.G. and H.R. Jones, 1979 - The uses of herbaceous vegetation in the drawdown zone of reservoir margins. Water Res. Centre, Medmenham. Techn. Rep. No. TR 105, 20p., 1979.

Mark, A.F., J.R. Crush and C.D. Meurk, 1972 - Vegetation of the lake Te Anau shoreline. In Proceedings of the New Zealand Ecological Society, Vol. 19. 1972. 143-154.

McManmon, M. en R.M.M. Crawford, 1971 - A metabolic theory of flooding tolerance: the significance of enzyme distribution and behaviour. In: New Phytol. (1971) 70, 229-306.

Rietz, G.E. Du, 1947 - Wellengrenzen ab ökologische Äquivalente der Wasserstandslinien. Zoöl. Bidrag Uppsala 25 (1947) 534-550.

Seda, Z., 1968 - Development of plant communities and biotechnical arrangements on the coast of water reservoirs. In: Advancing frontiers of plant sciences Vol. 19, 1968: 129-139; edited by Prof.Dr. Lokesh Chanerd, New Delhi (India).

Seda, Z., 1970 - Einige Probleme der Vegetationsforschung an Talsperrenufern. Folia, XI, Biologia 4, Opus 3, 1970.

Ungewitter, R., 1969 - Auswirkungen der wechselnden Wasserstände an Bodensee und Hochrhein. Natur und Landschaft 44 (1969): 179-181.

Voo, E.E. van der, 1963 - Plantengroei en waterbeweging in het winterbed van onze grote rivieren. De levende natuur 67 (1963): 257-262.

10.5. OEVERVEGETATIE, WATERKWALITEIT

Binz, H.R. en F. Klötzli, 1978 - Mechanische Wirkungen auf Röhrichte im eutrophen Milieu - Versuch eines Modells. Birtrage zur chemischen Kommunikation in Bio- und Ökosystemen: 193-215, Witzenhausen 1978.

Bornkamm, R., F. Raghi-Atri, M. Koch, 1980 - Einfluss der Gewässereutrophierung auf Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steudel. Garten und Landschaft 1/80: 15-19.

Dijkzeul, A., 1979 - De afgifte van zware metalen en fluoride door diverse oeverbeschermingsmaterialen. RIZA, nr. 79025, Lelystad, 1979.

Eck, G.Th.M. van, 1984. - Milieutechnische aspecten toepassing fosforslakken oeververdedigingen Haringvliet. Notitie DDMI-84.340 RWS.

Feenstra, J.F., J. van Baalen, H.E. van der Veer, 1985 - Milieuhygiënische aspecten toepassing fosforslakken inzake oeververdediging Haringvliet. Instituut voor Milieuvraagstukken V.U. Amsterdam, 1985, IvM/W-147.

Klötzli, F. en A. Grünig, 1976 - Seeufervegetation als Bioindikator. Uit: Daten und Dokumente zum Umweltschutz, nr. 19 Vorträge der Tagung über "Umweltforschung" der Universität Hohenheim: 109-132, Januar 1976.

Knöpp, H. und P. Kothé, 1965 - Die Bedeutung des biologischen Wasserbaus für Gewässerbiologie und Fischerei. In: Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen. Verlag Eugen Ulmer, 1965, hfst. 7: 268-284.

Seidel, K., 1956 - Wasserpflanzen als Akkumulatoren und ihre anatomisch-physiologische Anpassung. Sonderdruck aus "Gewässer und Abwässer" Heft 14: 42-51, 1956.

Seidel, K., 1978 - Gewässerreinigung durch höhere Pflanzen. In: Garten und Landschaft, Januar 1978: 9-17.

Seidel, K., 1966 - Reinigung von Gewässern durch höhere Pflanzen. In: Die Naturwissenschaften, 1966, Heft 12: 289-297, 53 Jahrgang.

Sukopp, H. en B. Markstein, 1981 - Veränderungen von Röhrichtbeständen und -pflanzen als Indikatoren von Gewässernutzungen, dargestellt am Beispiel der Havel in Berlin (west). Limnologica (Berlin) 13 (2): 459-471, Mai 1981.

Wallner, J., 1954 - Die Gesundung unserer Flüsse durch Pflanzung und lebend Verbauung. Würzburg, 1954.

10.6. OEVERVEGETATIE, BEHEER

Baart, E.A.D. en M. Ross, 1984 - Beheer van rietoevers. Waterschapsbelangen nr. 18, 1984: 469-472.

Bakker, J.J., 1984 - Beheer en onderhoud van riet bij waterschappen. Verslag van een enquete gehouden door de N.W.C. In Waterschapsbelangen nr. 18, 1984: 473-477.

Brandsma, M., 1982 - Rietteelt en natuurwetenschappelijk beheer. Vakbl. Biol. 62 (20), 1982, blz. 403.

Hof, I.C. van 't, 1985 - Studiedag aanleg en beheer van rietoevers. Waterschapsbelangen nr. 23, nov. 1985, blz. 597.

Hopmans, C.P.J., 1970 - De invloed van oeverbeplanting op het onderhoud van waterlopen. Wageningen L.H. vakgroep cultuurtechniek, 1970.

Klötzli, F. en S. Züst, 1973 - Conservation of reed-beds in Switzerland. Polskie archivum hydrobiologii 20/1: 229-235, 1973.

Koridon, A.H., 1977 - De invloed van maaien op de vitaliteit van rietwortelstokken, een tussentijds verloop. Lelystad RIJP, 1977.

Kramer, P.J., 1951 - Causes of injury to plants resulting from flooding of the soil. Plant physiology 1951: 722-736.

Mulder, 1981 - Riet moet blijven, 1981: blz. 22 t/m 41. De oecologie en het beheer van riet.

Skuhravy, V., 1978 - Invertebrates: Destroyers of Common Reed. Ecological Studies 25/1978: 376-388.

Smits, J.G.C. en J. Bril, - Berekeningen aan de concentraties van fluor en uranium in relatie tot een oeververdediging met fosforslakken langs slikken in het Haringvliet. Waterloopkundig Laboratorium, Delft, juni 1984, R 2081.

Sukopp, H., B. Markstein en L. Trepl, 1975 - Röhrichte unter intensivum Grossstadt einfluss. Berlijn, 1975.

Toorn, J. van der, 1978 - Pot experiment to test a possible selection occurring in a differently treated reed vegetation. Arnhem. Inst. voor oec. Onderzoek, 1978 b; Progress Report.

Toorn, J. van der, 1978 - Effect of cutting on reed performance Arnhem. Inst. v. Oec. onderzoek, 1978 a; Progress Report.

Toorn, J. van der, J.H. Mook, en K. Reinink, 1983 - Influence of insect damage and management on succession in reed stands. From: Proc. int. Symp. Aquat. Macrophytes, Nijmegen, the Netherlands, 18-23 September 1983: 225-229.

Toorn, J. van der, 1982 - Invloed van beschadigingen op de groei van riet en vegetatie-ontwikkeling in

de IJsselmeerpolders. Vakbl. Biol. 62 (20) 1982: 394-397.

Toorn, J. van der en J.H. Mook, 1982 - The influence of environmental factors and management on stands of Phragmites australis. 1) Effects of burning, frost and insect damage on shoot density and shoot size. Institute for Ecological Research, Boterhoekstraat 22, 6666 GA Heteren. Journal of Applied Ecology 1982, 19: 477-479.

Werkgroep Onderhoudstechnieken Open Waterlopen, 1976 - Onderhoud en beheer van open waterlopen.

Wilde, J.G.S. de, z.j. - Vergelijkend onderzoek naar de onderhoudskosten van waterlopen; v.b. kostenrelaties. Wageningen I.C.W.

10.7. OEVERVEGETATIE, DIEREN

Bibby, C.J. en J. Lunn, 1982 - Conservation of reed beds and their avifauna in England and Wales. Biological Conservation 23, 1982,blz. 167-186.

Bouquet, H.G.J., 1974 - Visstandsbeheer. Overdruk uit "Visserij; Voorlichtingsblad van de Nederlandse Visserij"; 27 (1974) 7: 495-513 en 8: 554-595. Ministerie van Landbouw en Visserij.

Centrum Onderzoek Waterkeringen (COW), 1981 - Rapport van de werkgroep 11 van het Centrum Onderzoek Waterkeringen betreffende de invloed van graverij van muskusratten op waterkeringen. Min. van Landbouw en Visserij, juli 1981.

Doude van Troostwijk, W.J., 1976 - The Musk-rat (Ondatra zibethicus L.) in the Netherlands, its ecological aspects and their consequences for man. Rijksuniversiteit Leiden, 1976.

Fischer, J., 1956 - Die fischereiliche Bedeuting der Süsswasserpflanzen. Allgemeine Fisch. Zeitung 81 (1956): 148-150.

Frömel, R., 1980 - Die verbreitung im Schilf überwintern der Arthropoden im westlichen Bodenseegebiet und ihre Bedeutung für Vögel. Die Vogelwarte 30, 3, 1980: 218-254.

Grosch, U.A., 1980 - Die Bedeutung der Ufervegetation für Fisch und Fischerei. Garten und Landschaft 1/80: 20-23.

Haagsma, J., 1973 - De etiologie en epidemiologie van botulismus bij watervogels in Nederland; met bijzondere aandacht voor aspecten betreffende de thermische waterverontreiniging en de volksgezondheid. Dissertatie RU Utrecht, 1973.

Hudec, K. en K. Stastny, 1978 - Birds in the Reedswamp Ecosystem. Ecological Studies 25/1978: 366-372.

Knöpp, H. und P. Kothé, 1965 - Die Bedeutung des biologischen Wasserbaus für Gewässerbiologie und Fischerei. In: Der biologische Wasserbau an den Bundeswasserstrassen. Verlag Eugen Ulmer, 1965, hfst. 7: 268-284.

Lewis, G. en G. Williams, 1984 - Rivers and Wildlife Handbook (a guide to practices which further the conservation of wildlife on rivers). Royal society for the protection of birds and the Royal Society for Nature Conservation. ISBN 0903138158, 1984.

Mes, R.G., 1983 - De Sassenplaat in het Hollandsch Diep. Evaluatie van de reconstructie van een waterwild-gebied. Ecoland, bureau voor ecologisch onderzoek, Leeuwarden, 1983.

Obrtel, R., 1978 - Soil surface anthropods. Ecological studies 25, 1978: 372-375.

Poorter, E.P.R., 1982 - Ganzen en riet in de Oostvaardersplassen. Vakbl. Biol. 62 (20), 1982: 398-399.

Provinciale Waterstaat in Zeeland, 1977 - Het optreden van vogelsterfte door botulisme in de provincie Zeeland in 1976.

Roos, P.J. en P.T. Goldschmidt, 1978 - De fauna van gobimatten en puinoevers- Polytechnisch Tijdschrift-b 33 (1978), nr. 3: 144146.

Schiemenz, F., 1957 - Die besondere Bedeutung der Unterwasserpflanzen für die Fischerei und die Vorfluterunterhaltung an kleinen fliessenden Gewässern. Wasser und Boden 9 (1957) 6: 1-6

Smit, H., 1985 - Het ecosysteem van de Nederlandse grote rivieren. In: De levende natuur, 86e jrg. nr. 5, 1985.

Veen, 1984 - Otters aan de Overijsselse Vecht. Notitie, 1984.

Willer, A., 1950 - Biologie und Kleinklima im Rohrgelege. Archiv für Fischereiwiss. II (1960) 3/4: 81-89.

Wundsch, H.H., 1953 - Fischereilige Gewässerkunde. In: Fischereikunde Radebeul u. Berlin, 1953.

10.8. OEVERS, INRICHTING, RECREATIE

Acht, W.N.M. van, 1979 - Oevers, oeverbescherming, planten en dieren. Werkdocument, Lelystad RIJP, 1979.

Acht, W.N.M. van e.a., 1983 - Oeverafwerkingen in recreatie- en natuurgebieden door de Werkgroep Oeververdediging. RIJP werkdocument 1983 213 Abw.

Alkema, R., 1974 - Gebruik, beheer en onderhoud van de Friese oevers. Recreatievoorzieningen 1974 nr. 5: 192-196.

Anonymus, 1977 - De verdere inrichting van het Veerse Meer. Driemaandelijks Bericht Deltawerken nr. 80, 1977: 540-548.

ANWB, 1971 - Ligplaatsen, aanlegplaatsen en oeverbescherming. Recreatie-memorandum nr. 4 van de ANWB, 1971.

Buro Maas en R.I.N., 1984 - Behouden vaart. Onderzoek naar waterrecreatie en natuur in de Nieuwkoopse Plassen en Kagerplassen. Buro Maas, adviesburo voor landschapsarchitectuur en milieuplanning en het Rijksinstituut voor Natuurbeheer, 1984.

Daalder, R. en H. Brouwer, 1984 - Plankzeilen in natuur en landschap (hoofdrapport). Biologie en Samenleving, V.U. Amsterdam, 1984.

Heide, R.H. ter, 1974 - Recreant en oever. Recreatievoorzieningen 1974 nr. 5: 197-201.

Liddle, M.J. en H.R.A. Scorgie, 1980 - The effects of recreation on fresh water plants and animals; a review. Biological Conservation 0006-3207 (1980) 0017.

Luxwolda, R., 1970 - Oeverbeschermingen in recreatiewateren. Recreatievoorzieningen 1970 nr. 7. 114-120.

Matthijsse, L., 1974 - Natuurbeheer in het waterrecreatiegebied Brielse Maas. Recreatievoorzieningen nr. 5. 1974 blz. 204-207.

Murphy, K.J. en J.W. Eaton, 1983 - Effects of pleasure-boat traffic on macrophyte growth in canals. Journal of Applied Ecology (1983), 20, (713-729).

Soest, J. van, 1976 - Waterrecreatie en natuurbeheer. In: Waterrecreatie, vandaag en morgen. ANWB-brochure nr. 18 (1976) p. 19-23.

Sterkman, L., 1973 - Oeververdediging, oeverontsluiting en recreatie. Polytechnisch tijdschrift 28 (1973) nr. 22.

Sterkman, L., 1974 - Oeververdediging in het kader van oeverontsluiting t.b.v. de recreatie. Recreatievoorzieningen 1974 nr. 5: 184-190.

Stern Chr., 1976 - Seeufer: Schutz, Planung und Gestaltung. Garten und Landschaft 10/76: 612-626.

Sukopp, H., 1971 - Effects of man, especially recreational activities on littoral macrophytes. Bucuresti Hidrobiologia t. 12 (1971); blz. 331-340.

Terpstra, J., 1983 - Recreatiebewust vormgeven van oevers. Recreatie en Toerisme 83/12: 532-536.

Voet, J.L.M. v.d. en J. Smit, 1982 - Gebruik en inrichting van watersportgebieden. WIRO-rapport II, 1982.

Wiegand, H., 1980 - Planungen und Massnahmen zur Sanierung der Berliner Uferbereiche. Garten und Landschaft 1/80: 41-44.

10.9. GOLVEN, STROMING, EROSIE

Acht, W.N.M. van, J.T.M. Sessink, M.L. Hagemeyer, C.R.M. Oudshoorn, 1984 - Golfdemping in een rietkraag aan de Pishoek in de Wieringermeer. Cultuurtechnisch Tijdschrift dec '84/jan. '85 jrg. 24 nr. 4: 173-183.

Bendegom, L. van et al, 1969 - Principles governing in design and construction of economic revetments for protecting the banks of rivers and canals for ocean- and inlandnavigation; section 1, subject 6. Delft T.H., Rotterdam gemeentewerken, afdeling havenwerken en Kon. Mij. Wegenbouw N.V. (Permanent International Association of Navigation Congresses, XXnd Intern. Nav. Congres France), 1969.

Blaauw, H.G. en H.J. Verhey, 1981 - Design of Inland Navigation Fairways, Delft W.L. 1981.

Blaauw, H.G. en E.J. v.d. Kaa, 1978 - Erosion of bottom and sloping banks caused by the screw race of manouvring ships. Antwerp (7th International Harbour Congress), 1978.

Camfield, F., 1977 - Wind-wave propagation over flooded, vegetated land. Technical Paper 77-12 (1977) okt.

Constantine, T., 1961 - The behaviour of ships moving in restricted waterways. University of Manchester, 1961.

Eerdt, M.M. van en P.M. Schoot, 1981 - Procesonderzoek schorsystemen: een tussentijdse analyse. RWS Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting. Nota DDMI-81.22, 1981.

Flach, A.J. en J. Pieters, 1966 - Verandering in de wandruwheidsfactor van open waterlopen tijdens het groeiseizoen. Wageningen I.C.W., 1966.

Goedheer, G.J., 1984 - Morfologische processen in de ondiepe oeverzone van stagnante bekkens. Een vooronderzoek. RWS Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, Nota DDMI-84.24, 1984.

Groen, P. en R. Dorrestein, 1976 - Zeegolven. 13e druk, z.p. (Kon. Ned. Meteorologisch Instituut), 1976.

Hagemeyer, M.L. en J.T.M. Sessink, 1982 - De invloed van golfwerking op oevervegetatie. Werkdocument 1982-288 Abw. RIJP, Smedinghuis, Lelystad, 1982.

Heijnen, W.J., 1978 - Erosiegevoeligheid van kleibedekkingen van dijken. Delft, 1978.

Holthuijsen, L.H., 1980 - Methoden voor golfvoorspelling; deel 1 (tekst); deel 2 (bijlagen). 2e druk, z.p., Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1980.

Kaa, E.J. van de, 1981 - Waterloopkundige aantasting van oeververdedigingen. RWS Kust- en Oeverwerken.

Kaa, E.J. van de, z.j. - Onderzoek naar waterbeweging in vaarwegen; kwalificering van hydraulische randvoorwaarden (stroming en golven door scheepvaart). z.p. en z.j.

Keller, E.A. en E.K. Hoffman, 1977 - Urban streams; sensual blight or amenity? z.p., 1977.

Most, H. van der, 1979 - Golfvervorming bij een hoog voorland. Delft. (Technische Adviescommissie vor de waterkeringen), 1979.

Roberts, W.J., z.j. - Lake shore erosion. Urbana Illinois, z.j.

Roos, A., 1972 - Experimenteel onderzoek naar het gedrag van tegen taluds oplopende regelmatige golven. Delft T.H., afdeling Weg- en Waterbouwkunde, vakgroep Vloeistofmechanica, 1972.

Sessink, J.T.M. en M.L. Hagemeyer, 1982 - Golfdemping in een rietkraag aan de Pishoek in de Wieringermeerpolder. LH-RIJP (no. 3786/15-10-82/hh wpx).

Sorensen, R.M. en M. Asce, 1973 - Water waves produced by ships. Journal of the Waterways, mei 1973, blz. 245-256.

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, z.j. - Golfoploop en golfoverslag, z.p. en z.j.

Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, z.j. - Het verzamelen en bewerken van gegevens over golfbeweging; nr. 494-1, z.p. en z.j.

Visser, J., 1976 - Veranderingen in de oeverzone over de periode '72-'75 op verschillende plaatsen langs de Hompelvoet en de Stampersplaat in het Grevelingenmeer. RWS Deltadienst, Hoofdafdeling Milieu en Inrichting, DDMI nota-76.02, 1976.

Wouters, H.J., 1981 - Onderzoek naar de erosiegevoeligheid van baggerspecie. Wageningen; LH, 1981.

Yamamoto, T. et al., 1978 - On the response of a pero-elastic bed to water waves. Journal of Fluid Mech. 1978; Vol. 87 part 1, p.p. 193-206.

Waterloopkundig Laboratorium - Hydraulische aspecten van stortsteen-, grind- en zandtaluds onder golfaanval. Verslag literatuurstudie, juli 1984.