

Rapport

Thema 1

Vegetatie, bodem
en treksterkte

A stylized, light teal illustration of a plant with several leaves and a root system, positioned on the left side of the cover.

FUTURE DIKES

Soortenrijke
grasbekleding



Cyril Liebrand⁴, Nils van Rooijen², Rens van der Meijden³,
Thomas Evers⁵, Maurice Evers⁵, Hans de Kroon¹, Eric Visser¹

FUTURE DIKES

Auteurs

¹ Hans de Kroon en Eric Visser – Radboud Universiteit Nijmegen

² Nils van Rooijen – Wageningen University & Research

³ Rens van der Meijden – Universiteit Twente

⁴ Cyril Liebrand – EurECO ecologisch onderzoek & advies

⁵ Thomas Evers en Maurice Evers – Lumbricus Environmental Research and Consultancy

Opdrachtgever Waterschap Rivierenland

Contactpersoon Mathijs Bos

Referaat *Liebrand, C, N. van Rooijen, R. van der Meijden, T. Evers, M. Evers, E. Visser & H. de Kroon (2024) Rapportage thema 1 Vegetatie, bodem en treksterkte, HWBP Future Dikes: soortenrijke grasbekleding fase 1.*

Trefwoorden Future Dikes, HWBP, Dijken, bloemdijken, soortenrijke dijken, dijkbekleding, vegetatie, beworteling, bodem, erosiebestendigheid, treksterkte, soortenrijke grasbekleding

Documentgegevens

Versie 1.0

Datum 31-01-2024

Project HWBP innovatieproject Future Dikes: soortenrijke grasbekleding fase 1

Pagina's 10

Bijlagen 0

Status Definitief

Document versie 1.0

Akkoord auteurs Alle auteurs akkoord

Reviewed? Commentaren verwerkt

Akkoord opdrachtgever

Voorwoord

Waterkeringbeheerders staan voor een grote versterkingsopgave binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma. De projecten spelen zich af in een context van wijziging van instrumentarium en uitgangspunten, klimaatverandering met toenemende pieken in droogte en wateroverlast en een wereldwijde afname van biodiversiteit.

Het doel van het kennis- en innovatieproject Future Dikes is het aantonen dat soortenrijkdom van vegetaties op dijken bijdraagt aan de sterkte en erosiebestendigheid van de grasbekledingen, door middel van onderzoek en kennisontwikkeling. En vervolgens het genereren van parameters om soortenrijke grasbekledingen in te bedden in het ontwerp- en beoordelingsinstrumentarium en het ontwikkelen van protocollen die het mogelijk maken sterke en duurzame dijkbekledingen aan te leggen en te beheren.

Het onderzoek werkt met de volgende thema's:

- In Thema 0 'Rapport huidige kennis' wordt bestaande informatie gebundeld en beschikbaar gemaakt binnen het project als fundament voor het verder onderzoek binnen de andere thema's.
- In Thema 1 'dijkvegetatieparameters/civieltechnische kwaliteit' wordt gekwantificeerd hoe soortenrijkdom samenhangt met de ondergrondse parameters die samen de sterkte van de grasbekleding bepalen.
- Binnen Thema 2 'Soortenrijke grasbekleding' worden nieuwe zaadmengsels ontworpen die de ontwikkeling naar soortenrijke vegetatie met gewenste eigenschappen bevorderen.
- In Thema 3 'Sterkte grasbekleding' wordt de erosiebestendigheid van soortenrijke dijkbekledingen onderzocht en gerelateerd aan de huidige rekenregels (relatie met BOI).
- Thema 4 'Kennis toepassen en delen' richt zich op het implementeren van de projectresultaten en verspreiden van de kennis die is opgedaan, de producten die zijn vervaardigd en het betrekken van het werkveld.

Deze rapportage bevat de belangrijkste resultaten van Thema 1 over de vegetatie, de doorworteling, de bodem en de relaties met de sterkte van de grasbekleding. Het rapport wordt later beschikbaar gesteld via de website handreikinggrasbekleding.nl.

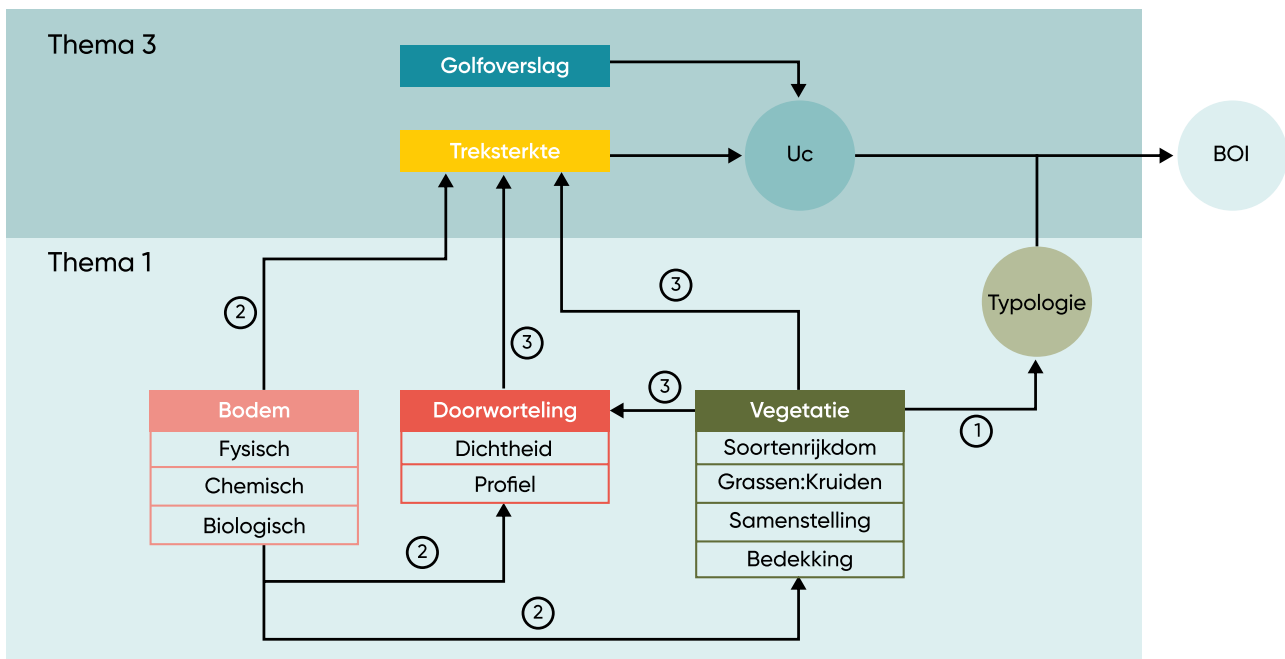
Conform de benaming in de Handreiking grasbekleding wordt in deze rapportage voor de vegetatie op de dijken de term grasbekleding gebruikt.

De rapportage van Thema 1 bestaat uit een beleidssamenvatting met een korte en bondige opsomming van de belangrijkste resultaten en aanbevelingen, gevolgd door het hoofddocument met de beschrijving van de gehanteerde methoden, de wijze van verwerking, de resultaten, conclusies, aanbevelingen en referenties. Ook zijn een kortere Samenvatting en Engelstalige Summary toegevoegd.

Beleidsamenvatting

Waterkeringbeheerders zijn verantwoordelijk voor de waterveiligheid van Nederland. Het Hoogwaterbeschermingsprogramma voorziet in het op sterkte brengen van alle dijken voor 2050. Dit gebeurt enerzijds door de dijken te versterken conform vaste uitgangspunten binnen de Basisspecificatie dijken (BSD) en anderzijds door bestaande dijken dusdanig te beheren dat ze voldoen aan de eisen conform het vigerende beoordelingsinstrumentarium, nu nog WBI2017. Naast het veiligheidsaspect is er steeds meer aandacht voor milieu (duurzaamheid) en biodiversiteit. Biodiversiteit behelst al wat leeft. Biodiversiteit op dijken wordt voor een groot deel bepaald door de samenstelling van de begroeiing, de dijkvegetatie of grasbekleding. Waterschappen gaan steeds vaker aan de gang met het ontwikkelen van een soortenrijke, kruidenrijke vegetatie op hun dijken. Maar hoe sterk en erosiebestendig zijn deze vegetaties? Wat is het effect van kruiden op de sterkte van de grasbekleding? En wat zijn de consequenties betrekking tot het wettelijk beoordelingsinstrumentarium (nu nog WBI2017) en het BOI2023. Het HWBP-innovatie-project Future Dikes, dijken voor de toekomst, voorziet in het beantwoorden van deze vragen.

In Future Dikes is op de eerste plaats bepaald wat wordt verstaan onder een soortenrijke, kruidenrijke dijkvegetatie. Daarna is uitgezocht aan welke voorwaarden dient te worden voldaan om een dergelijke vegetatie te kunnen ontwikkelen. De bodemsamenstelling, zowel fysisch als chemisch, speelt hierbij een belangrijke rol en komt dan ook uitgebreid aan bod. De belangrijkste vraag is vervolgens hoe sterk een soortenrijke, kruidenrijke dijkvegetatie is, en waardoor die sterkte wordt bepaald: door de bodem, door de vegetatie via de wortels of door een combinatie van beide? En als laatste: vallen alle soortenrijke, kruidenrijke dijkvegetaties onder één noemer, waardoor ze als één factor kunnen worden benoemd in het BOI, of verschillen ze onderling, en zo ja, verschillen ze ook in sterkte.



Figuur 1. Schematische weergave van de bepalingen in Thema 1 en hun relaties aan de hand van drie hoofdvragen zoals die in de Managementsamenvatting behandeld worden.

Voor u ligt de rapportage van Future Dikes Thema 1. Figuur 1 geeft aan hoe de drie hoofdvragen van Thema 1 zijn verbonden. Uit 389 bestaande vegetatieopnamen (van unieke onderzoeklocaties) die als soortenrijk kunnen worden beschouwd op basis van het vegetatietype conform VTV2006 en de soortenrijkdom zijn na veldbezoek 103 locaties voor vervolgonderzoek geselecteerd. Het vegetatieonderzoek (vraag 1) op deze locaties karakteriseert het brede scala aan soortenrijke dijkbegroeiingen. Op 49 van de locaties is uitgebreid bodemonderzoek uitgevoerd (vraag 2) waardoor we weten op welke bodems we soortenrijke dijkvegetaties kunnen aantreffen, en hoe deze locaties verschillen in doorworteling, vegetatiesamenstelling en treksterkte. Tenslotte is op subplot (m2) niveau (vraag 3) binnen 20 locaties gekeken hoe de lokale vegetatie, de doorworteling en de treksterkte met elkaar samenhangen. De treksterktemetingen komen terug in de rapportage van Thema 3 waarbij ze worden omgerekend naar de kritische stroomsnelheden (Uc) per locatie, waaruit de erosiebestendigheid wordt afgeleid. Deze worden vergeleken met de resultaten van de golfverslagproeven uitgevoerd op 3 locaties in de winter van 2022/2023.

1. Wat is een soortenrijke, kruidenrijke dijkvegetatie?

Een soortenrijke, kruidenrijke dijkvegetatie is een vegetatie die bestaat uit **minimaal 30 soorten planten** op een **oppervlakte van 25m²**, zijnde de minimum areaalgrootte waarmee in graslandonderzoek wordt gewerkt. De vegetatie bestaat uit grassen en kruiden. Grasachtigen als zeggen, biezen, russen en cypergrassen worden gerekend tot de grassen. De kruiden bestaan uit alle niet-houtige soorten. De variatie in soortenrijkdom bestaat vooral uit een **variatie in aantal kruiden**: het aantal kruiden varieert gemiddeld genomen van 20 tot 40 soorten terwijl het aantal grassen gemiddeld genomen varieert van 10 tot 15 soorten. Volgens WBI2017 is de zode gesloten (voor criteria, zie Schematiseringshandleiding grasbekleding). De visuele beoordeling is meestal 'gesloten' maar kan ook 'open' zijn; in dat geval is de doorworteling 'dicht' waardoor het **eindoordeel 'gesloten'** is. De bodembedekking door de kruiden is in mei en juni (vóór de eerste maaibeurt), van bovenaf gezien, **minimaal 15% en maximaal 80%**. De bekleding moet ten minste 4 jaar oud zijn en onder regulier dijkbeheer vallen. Er mag geen sprake zijn van kortstondige verandering of verstoring van of ingreep in de vegetatie op meer dan 5% van het oppervlak.

2. Wat zijn de relaties tussen bodem, vegetatie, beworteling en treksterkte tussen de locaties met soortenrijke vegetaties?

Voor 49 proefvakken is binnen Future Dikes is een groot aantal chemische, fysische en biologische bodemeigenschappen gemeten. Daarnaast zijn op 20 van deze proeflocaties grastrekproeven uitgevoerd en wortelmonsters genomen. Door het bepalen van één representatieve meetwaarde voor ieder van deze 20 proefvakken kan, alvorens wordt ingezoomd op subplotniveau, reeds op proefvakniveau inzicht worden verkregen in de relaties tussen bodem, doorworteling en treksterkte.

a. Relaties tussen bodemeigenschappen: indeling in drie clusters

Binnen de 49 onderzoeklocaties is de dominante bodemsoort een zavelbodem. Binnen deze bodemsoort zijn er drie clusters aan bodems te onderscheiden, namelijk 1) bodems met diepe wortels, 2) bodems met een ondiepe grindlaag op zware zavel en 3) bodems met een relatief zware top- en onderlaag. De belangrijkste verklarende factoren voor de clustering zijn: worteldiepte, pH, D60/D10 (maat voor korrelgrootteverdeling), lutumgehalte en organische stofgehalte.

b. Relaties tussen bodem en vegetatie

Er is geen relatie gevonden tussen bodemeigenschappen en percentage kruidenbedekking. Dit is het gevolg van een hoge kruidenbedekking op alle opgenomen locaties. Kruiden en/of grassen wortelen niet diep als de bodemopbouw de limiterende factor is, i.e. een te zware onderlaag onder een aangelegde toplaag. Bij bodems met een lagere bodemdichtheid van de toplaag (geen compactie) zijn er gemiddeld meer fijne wortels en meer diepe wortels (tot 30 cm), in combinatie met een hoger organische stof- en lutumgehalte. Dit impliceert meer voeding/water op deze bodems en geen beperkingen voor groei.

c. Relaties tussen treksterkte, bodem en beworteling over de onderzoekslocaties

De treksterkte van de zode (uitgerekend als de mediaan ruwe trekkracht en kritische normaalspanning over de metingen binnen een proefvlak) van soortenrijke dijkbekledingen is zeer vergelijkbaar met conventionele grasbekledingen op een substraat van klei. Over de 20 onderzochte dijkvakken correleert de treksterkte van de zode het sterkst positief aan het lutumgehalte, het organische stofgehalte, de potentiële microbiële activiteit en het vochtgehalte in de zomer, wat een goede maat is voor de waterretentiecapaciteit van de bodem. Daarnaast correleert de treksterkte positief aan de fijne wortelmassa en sterk negatief aan de relatieve spreiding (variatiëcoëfficiënt) van de totale wortelmassa van de locaties. Deze worteleigenschappen, in combinatie met óf het lutumgehalte óf het vochtgehalte in de zomer, verklaren het grootste deel van de treksterkten binnen de selectie van soortenrijke locaties van Future Dikes.

3. Wat is de relatie tussen treksterkte, beworteling en vegetatie op subplotniveau?

Binnen een dijkvak kunnen kernmerken van vegetatie en beworteling behoorlijk verschillen. Binnen de 20 doorgemeten proefvakken is in 30 subplots van een vierkante meter de treksterkte bepaald. De doorworteling en de treksterkte zijn vervolgens gerelateerd aan de verschillende eigenschappen van de vegetatie op de betreffende plek zoals bepaald in het voorjaar en nogmaals in het najaar. Ook is bepaald hoe de doorworteling is gerelateerd aan de treksterkte.

a. Relaties tussen doorworteling en vegetatie

Onder worteldichtheid verstaan we de hoeveelheid wortels (biomassa) per volume-eenheid, waarbij fijne en grove wortels zijn onderscheiden. Er is een **positieve correlatie tussen soortenaantallen** en de **totale en fijne worteldichtheid**. Een hogere fijne worteldichtheid hangt met name samen met een groter aantal kruiden, die ten opzichte van grassen in een relatief lage bedekking voorkomen (<50%). Binnen soortenrijke gras-bekledingen komt een relatief stabiel aantal grassen voor (gemiddeld 12 per opname). Soortenrijkdom wordt met name bepaald door de kruiden. Zo'n 37 van de 165 plantensoorten komen in 50% van de opnamen voor. Veelvoorkomende kruiden in goed doorwortelde grasbekledingen zijn Smalle weegbree, Duizendblad, Wilde peen, Knolboterbloem

en Veldzuring. Belangrijke grassen zijn Glanshaver, Veldbeemdgras, Goudhaver, Rood zwenkgras, Rietzwenkgras en Reukgras.

b. Relaties tussen de treksterkte en de doorworteling

De worteldichtheid neemt af met de diepte in de bodem. Ongeveer de helft van de totale hoeveelheid wortels in een bodemprofiel van 30 cm bevindt zich in de bovenste 5 cm. Het aandeel van de wortelmassa halveert ongeveer elke 5 cm dieper. Zowel de **totale als de fijne worteldichtheid van het profiel zijn positief gecorreleerd met de treksterkte**. Grove doorworteling heeft geen significante (positieve of negatieve) relatie met de gemeten treksterkte. Met name de fijne oppervlakkige doorworteling (0-10 cm) hangt samen met de gemeten treksterkte, al is er ook een positieve correlatie met de diepere doorworteling (15-30 cm).

c. Relaties tussen de treksterkte en de vegetatie

Vegetatie is bepalend voor de doorworteling en dit werkt door in de treksterkte. We maken onderscheid tussen het aantal grassen- en kruidensoorten en hun relatieve bedekking. Het aantal soorten gras is negatief gerelateerd aan de treksterkte. Het aantal soorten kruiden en het totaal aantal soorten laat geen relatie zien. Een **hoge grasbedekking** heeft daarentegen een positieve correlatie met de treksterkte, zowel in het voorjaar en het najaar, terwijl een hoge kruidenbedekking (>50%) in het voorjaar een negatief verband houdt met de treksterkte. Opvallend is dat een hoge kruidenbedekking in het najaar wel positief gecorreleerd is met de treksterkte, evenals die van de grassen.

d. Opvallende interacties

Bodem interacteert met alle gemeten variabelen en is deels voorwaardelijk voor de aanwezige soorten en hoe deze voorkomen en wortelen in de bodem. Zo vinden we op de meer **zandige** zavelbodems een **hogere (fijne) doorworteling**. Terwijl een diepere doorworteling (>20cm) meer gevonden wordt bij een hoger lutumgehalte. Daarnaast komen op zandigere bodems ook **hogere aantallen soorten** voor. Dit lijkt met een relatieve beperking in de hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem, met name fosfaat, te maken te hebben.

Samenvattende conclusies voor soortenrijke grasbekledingen

- i. Binnen het brede scala van soortenrijke dijken dat is onderzocht wordt een hogere soortenrijkdom voornamelijk bepaald door een hoger aantal kruiden terwijl het aantal grassoorten relatief stabiel is.
- ii. Een hogere soortenrijkdom, met name meer soorten kruiden, zorgt voor een betere, voornamelijk fijne, doorworteling van de bodem.
- iii. De relatie van de kruiden met de doorworteling is afhankelijk van hun dichtheid. Tot een kruidenbedekking van 50% neemt de doorworteling toe met de kruidenbedekking, boven 50% kruidenbedekking neemt de doorworteling geleidelijk af. Een kruidenbedekking rond de 50% levert de hoogste worteldichtheid op.
- iv. De bodemeigenschappen van de onderzochte soortenrijke dijkvakken die bepalend zijn voor de treksterkte zijn het lutumgehalte en de waterretentiecapaciteit, welke, naast het lutumgehalte, sterk afhangt van de verdichtingsgraad en het organische stofgehalte.
- v. De treksterkte is tevens gekoppeld aan de doorworteling, met name de dichtheid van de fijne wortels in de ondiepe (0-10 cm) bodemlagen. Grove doorworteling speelt geen significante rol in de hier gemeten treksterkte.
- vi. Soortenrijke grasbekledingen zijn het sterkst als ze een groot aantal kruiden bevatten met een significante invloed op de fijne doorworteling, terwijl ze niet in een hoge bedekking voorkomen. Deze bekledingen treffen we aan bodems waarbij gehalten aan lutum en organische stof zodanig zijn dat waterretentiecapaciteit en fijne doorworteling worden bevorderd.

Algemene Conclusies

- Uitgaande van een database van duizenden vegetatieopnamen zijn een honderdtal soortenrijke dijkvakken langs de grote rivieren nader onderzocht. Op basis van hun vegetatiekundige kenmerken is een eerste typologie van soortenrijke dijken gemaakt. Soortenrijke dijken hebben een minimum van 30 plantensoorten (op een standaardproefvlak van 25 m²) en zijn te herkennen op basis van hun grassen – kruiden verhouding en hun (gesloten) bedekking. Het onderzoek laat zien dat hierbij een totaal aan 30 tot maximaal 60 plantensoorten per 5x5 m² worden aangetroffen. Met name het aantal kruiden (20 tot 40 soorten), de soortensamenstelling en dominantie van de kruiden kunnen sterk verschillen, terwijl de twaalfal grassoorten relatief constant voorkomen. Hierdoor kunnen soortenrijke dijkbekledingen een heel verschillend aanzicht hebben. Met hun relatief hoge soortenrijkdom én de variatie in samenstelling leveren zij een belangrijke bijdrage aan de biodiversiteit in het riviereengebied.
- Op basis van de treksterktemetingen kunnen we stellen dat onderzochte soortenrijke dijkvakken sterke zodes hebben. We hebben relaties van de treksterktes met de bodemsamenstelling (lutumgehalte en organische stof) en ook met de fijne doorworteling kunnen vaststellen. Een bedekking kruiden rond de 50% geeft de beste doorworteling en we kennen de plantensoorten die hiermee het sterkst zijn gecorreleerd. Deze relaties kunnen als target dienen bij het ontwerp (toplaagsamenstelling; bodemverdichting), het samenstellen van geschikte inzaaimengsels (Thema 2), en het ontwikkelbeheer in de eerste jaren na aanleg (Fase 2). Concrete voorstellen worden later geformuleerd voor opname in de Basisspecificatie Dijken en de Handreiking Grasbekleding.

- De relaties tussen bodem, vegetatie en treksterkte geven ook een 'benchmark' waarop omvormbeheer zich kan richten. In een kansenscan kan op basis van bodem- en vegetatie-eigenschappen van een soortenarm dijkvak de kansrijkheid worden ingeschat op een soortenrijke vegetatie. Kansenscan en omvormbeheer staan gepland voor Fase 2 van het Future Dikes project.

Samenvatting

Waterkeringbeheerders zijn verantwoordelijk voor de waterveiligheid van Nederland. Het HWBP (Hoogwaterbeschermingsprogramma) voorziet in het op sterkte brengen van alle dijken voor 2050. Dit gebeurt enerzijds door de dijken te versterken conform vaste uitgangspunten binnen de Basisspecificatie dijken (BSD) en anderzijds door bestaande dijken dusdanig te beheren dat ze voldoen aan de eisen conform het vigerende beoordelings-instrumentarium, nu nog WBI2017. Naast het veiligheidsaspect is er steeds meer aandacht voor milieu (duurzaamheid) en biodiversiteit. Biodiversiteit behelst al wat leeft. Biodiversiteit op dijken wordt voor een groot deel bepaald door de samenstelling van de begroeiing, de dijkvegetatie of grasbekleding. Waterschappen gaan steeds vaker aan de gang met het ontwikkelen van een soortenrijke, kruidenrijke vegetatie op hun dijken. Maar hoe sterk en erosie-bestendig zijn deze vegetaties? Wat is het effect van kruiden op de sterkte van de grasbekleding?

Uitgebreid veldonderzoek langs rivierdijken heeft tot een goede karakterisering van soortenrijke bekledingen geleid. Binnen de brede range van vegetaties is het aantal soorten grassen relatief stabiel (gemiddeld 12 per opname). Soortenrijkdom wordt met name bepaald door de kruiden. Zo'n 37 van de 165 plantensoorten komen in 50% van de opnamen voor. Veelvoorkomende kruiden in goed doorwortelende grasbekledingen zijn Smalle weegbree, Duizendblad, Wilde peen, Knolboterbloem en Veldzuring. Belangrijke grassen zijn Glanshaver, Veldbeemdgras, Goudhaver, Rood zwenkgras, Rietzwenkgras en Reukgras. Samenstelling en dominantie kunnen sterk variëren.

In een deel van locaties is ingezoomd op de bodemsamenstelling, de doorworteling en de sterkte van de zode. Er is een positieve correlatie tussen soortenaantallen en de totale en fijne worteldichtheid. Een toename in fijne worteldichtheid hangt met name samen met een toename in het aantal kruiden, waarbij de grootste worteldichtheid wordt gevonden richting een kruidenbedekking van 50%. Zoals in alle graslanden neemt de worteldichtheid af met de diepte in de bodem: ongeveer 50% van de totale hoeveelheid wortels in een bodemprofiel van 30 cm bevindt zich in de bovenste 5 cm; het aandeel aan wortelmasse halveert ongeveer elke 5 cm dieper.

Met een treksterktemeter, waarmee de kracht wordt bepaald waarmee een zode is los te trekken, is de sterkte van de zode bepaald. Zowel de totale als de fijne worteldichtheid van het profiel zijn positief gecorreleerd met de treksterkte; grove doorworteling heeft geen relatie met de gemeten treksterkte. Hierbij is vooral de oppervlakkige (0-10 cm) doorworteling belangrijk, maar ook de diepere doorworteling speelt een rol. De treksterkte is hoger in proefvlakken met een hogere bedekking van de grassen in de vegetatie in combinatie met een hoger aantal soorten kruiden (zomerbeeld).

Bodem is van groot belang voor alle gemeten variabelen en is deels voorwaardelijk voor de aanwezige soorten en hoe deze voorkomen en wortelen in de bodem. Zo vinden we op de meer zandige bodems een hogere (fijne) doorworteling terwijl een diepere doorworteling (>20cm) meer wordt aangetroffen op bodems met een hoger lutumgehalte. Daarnaast komen op zandigere bodems ook hogere aantallen soorten voor. Dit lijkt ook samen te hangen met een relatieve beperking in de hoeveelheid voedingsstoffen in de bodem, met name fosfaat. Het lutumgehalte en organische stofgehalte vertonen een positief verband met de treksterkte. Binnen de (zavel)bodems in deze dataset resulteert een lichte zavel (meer zand, minder silt) in meer (fijne) doorworteling, meer soorten en hogere treksterkte in tegenstelling tot een zware zavel (minder zand, meer silt).

Samenvattend is het belangrijkste resultaat dat soortenrijke, kruidenrijke vegetaties een zode hebben die qua sterkte niet onderdoet voor grasbladgedomineerde dijkvegetaties (Future Dikes thema 3). Bij de sterkte van de grasbekleding spelen zowel de bodemsamenstelling als de vegetatiesamenstelling een rol, via de fijne doorworteling in het bodemprofiel. Binnen de onderzochte range van soortenrijke dijkvegetaties neemt de treksterkte toe met het lutumgehalte en organisch stofgehalte van de bodem, waarbij de fijne doorworteling wordt bevorderd.

Summary

Water management authorities are responsible for the water safety of the Netherlands. The HWBP (High Water Protection Program) aims to strengthen all dikes by 2050. This is achieved by both reinforcing the dikes in accordance with fixed principles within the Basic Specification Dikes (BSD) and by managing existing dikes in such a way that they meet the requirements set by the current assessment framework, currently WBI2017. In addition to safety, there is increasing attention to environmental (sustainability) and biodiversity aspects. Biodiversity encompasses all living organisms living in and on a dike. Plant- (and insect) biodiversity on dikes is largely determined by the composition of vegetation, the dike vegetation or grass cover. Waterboards are increasingly working on developing diverse, herb-rich vegetation on their dikes. But how strong and erosion-resistant are these vegetations? What is the effect of herbs on the strength of the grassy cover?

To answer these questions, we must first define what we mean by species-rich, herb-rich dike vegetation. The basis of the vegetation study consists of 5,734 vegetation records collected from various vegetation databases. From this base dataset, 1,796 vegetation records were selected, made using the same method on river dikes between 2010 and 2021. From this selection, 389 vegetation records (from unique research locations) were considered herb-rich based on the vegetation type according to VTV2006 and species richness. Through field visits to the majority of these 389 locations, 103 locations were selected for further research. On these 103 locations, new vegetation records were made in a standardized way, including determining the composition of species and the degree of presence of the species, as well as the coverage by grasses, herbs, and mosses. From the selection of 103 locations, 49 representative locations were chosen for in-depth soil research, including the extraction of soil profiles. From the selection of 49 locations, 20 representative locations were chosen for root research and grass pull tests. On these 20 locations, the coverage by grasses, herbs, and mosses was determined at the time and in the exact locations where the strength tests took place. Finally, from the selection of 20 locations, 3 representative locations were chosen for large-scale wave overtopping tests.

There is a positive correlation between species numbers and total and fine root density. An increase in fine root density is especially associated with an increase in the number of herbs. However, there is also a negative correlation between herb coverage and fine rooting, especially when herb coverage is >50%. Higher fine root density is thus associated with a higher number of herbs occurring in low coverage compared to grasses (<50%).

Within species-rich coverings, a relatively stable number of grasses are present (an average of 12 per record). Species richness is mainly determined by herbs. About 37 of the 165 plant species occur in 50% of the records. Common herbs in well-rooted grass coverings include Plantain, Yarrow, Wild Carrot, Bulbous Buttercup, and Sorrel. Important grasses include Crested dogstail, Common meadow-grass, Bulbous oatgrass, Sweet vernal grass, Red Fescue, and Meadow Foxtail.

As in all grasslands, root density decreases with depth in the soil: about 50% of the total root mass in a soil profile of 30 cm is found in the top 5 cm (for comparison, in sheep pastures, 95% of the root mass is found in the top 5 cm). The share of root mass roughly halves every 5 cm deeper. Both total and fine root density of the profile are positively correlated with tensile strength; coarse rooting has no significant (positive or negative) relationship with measured tensile strength. Fine rooting, especially surface (0-10 cm) rooting when looking at the rough tensile strength of the intact sod and deeper rooting (15-30 cm) when related to the critical normal stress, is associated with measured tensile strength.

Soil interacts with all measured variables and is partially conditional for the presence of species and how they occur and root in the soil. Sandier soils are positively correlated with higher (fine) rooting, while for deeper rooting (>20 cm), a preference for higher clay content is evident. Moreover, sandier soils also have higher species numbers. This seems to be related to a relative limitation of nutrients in the soil, especially phosphate. However, clay content has a positive relationship with tensile strength. Silt content in the soil is negatively correlated with species richness, fine rooting, and rough tensile strength.

The most important result is that species-rich, herb-rich vegetations are not inferior in terms of strength and erosion resistance compared to grass-dominated dike vegetations (Future Dikes theme 3). Both soil composition and vegetation composition play a role in the strength and erosion resistance of the grass cover. Within the range of diverse dike vegetations studied, tensile strength increases with the clay content. However, vegetation composition also affects the strength of the grass cover. Tensile strength does not increase with the total number of species and the number of grass species but does increase with an increasing share of grasses in the vegetation (summer condition). Conversely, tensile strength does increase with the number of herbs but not with the share of herbs in the vegetation (summer condition). Interestingly, a high herb cover in the fall is positively correlated with tensile strength, just like that of the grasses.

Definities

- **Dijkvegetatie:** type dijkbekleding die bestaat uit planten: grassen, kruiden en mossen. Afhankelijk van het beheer kunnen ook houtachtigen (struiken en bomen) op dijken groeien.
- **Soortenrijke, bloemrijke dijkvegetatie:** begroeiing van een dijk die bestaat uit veel verschillende soorten grassen en kruiden en die een of meer perioden van het jaar bloemrijk is. Een bloemrijke dijk (in volksmond bloemdijk) is niet per definitie soortenrijk: de bloemrijkdom kan ook bestaan uit slechts een of enkele kruiden. Een dergelijke dijk valt niet onder de term soortenrijke, bloemrijke dijk.
- **Soortenrijke dijkvegetatie:** vegetatie die bestaat uit minimaal 30 verschillende soorten vaatplanten waar zowel grassen als kruiden onder vallen. Onder grassen verstaan we ook grasachtigen waaronder zeggen, biezen, russen en cypergrassen. Volgens WBI2017 is de zode gesloten. De bodembedekking door kruiden is in mei en juni (vóór de eerste maaibeurt), van bovenaf gezien, minimaal 15% en maximaal 80%. De bekleding moet ten minste 4 jaar oud zijn en onder regulier dijkbeheer vallen. Er mag geen sprake zijn van kortstondige verandering of verstoring van of ingreep in de vegetatie op meer dan 5% van het oppervlak.
- **Kruidenrijke dijkvegetatie:** bekleding met een hoog aandeel aan kruiden. Dit aandeel aan kruiden kan bestaan uit veel verschillende soorten kruiden maar ook uit slechts een of enkele soorten kruiden: de soortenrijkdom kan dus sterk verschillen. Met de term soortenrijke, kruidenrijke dijkvegetatie wordt een vegetatie bedoeld die bestaat uit veel verschillende soorten grassen en kruiden.
- **Relatieve soortenrijkdom:** soortenrijkdom is sterk gebonden aan standplaatsfactoren die op hun beurt weer gebonden zijn aan regio's. Waar bij rivierdijken in het oostelijk rivierengebied pas bij meer dan 40 soorten per 25 m² sprake is van een soortenrijke dijk wordt een dijk langs de Waddenzee al soortenrijk genoemd bij meer dan 25 soorten per 25 m². De maximale potentie aan soortenrijkdom wordt bepaald door de standplaatsfactoren. Hiervoor wordt ook de term relatieve soortenrijkdom gebruikt.
- **Grasbekleding:** een door grassen gedomineerde bekleding. Een grasbekleding kan soorten-, kruiden-, bloemrijk of juist -arm zijn.
- **Grassen:** planten behorende tot de grassenfamilie of grasachtigen. Zeggen, biezen, russen en andere cypergrassen worden hier dus meegenomen. In dit rapport tezamen grassen genoemd.
- **Kruiden:** vaatplanten anders dan grassen, grasachtigen en houtige soorten.
- **Bedekking door de vegetatie:** bedekking van een bepaald oppervlakte bij bovenaanzicht door de vegetatie; als totale bedekking (grassen+kruiden) en met onderscheid in grassen, kruiden en mossen.
- **Doorworteling:** hoeveelheid wortels in en verdeeld over de gehele leeflaag, uitgedrukt in lengte, aantal of massa.
- **Bodem/bodemvorming:** een bodem bestaat uit de bovenste centimeters tot meters van het aardoppervlak waar chemische, biologische en fysische processen plaatsvinden.
- **Toplaag:** buitenste aangelegde bodemlaag van een dijk die voornamelijk dient als leeflaag voor de dijkvegetatie. De toplaag is een onderdeel van de deklaag.
- **Onderlaag:** aangelegde laag gelegen onder de toplaag.
- **Leeflaag:** deel van de deklaag waarin bodemvorming plaatsvindt, i.e., waar planten wortelen en waarin wortels een significante invloed hebben. De leeflaag kan dunner zijn dan de toplaag maar kan zich ook uitstrekken tot in de onderlaag.
- **Vegetatietype:** een vegetatie met een min-of-meer vaste samenstelling van plantensoorten die indicatief zijn voor bepaalde standplaatsfactoren. Typen zijn opgenomen binnen een typologie waarin verschillen in soorten-samenstelling worden geclassificeerd.
- **Kritische normaalspanning:** de treksterkte (in Newton) uit de grastrekproef gedeeld door de som van de oppervlaktes (bodem en zijden) van de getrokken zode.