

2021

Effectiviteit van oeverbescherming in de Zweth: Abiotische monitoring 2020 - 2021



Effectiviteit van oeverbescherming in de Zweth: Abiotische monitoring 2020 - 2021

F.P.L. Collas
&
R.S.E.W. Leuven

10 oktober 2021

Radboud University



Reeks Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2021-5

De reeks Verslagen Dierecologie en Fysiologie wordt gepubliceerd door de afdeling Dierecologie en Fysiologie, Instituut voor Water en Wetland Research, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 134, 6525 AJ Nijmegen, Nederland (tel. secretariaat: + 31 (0)243652902).

Verslagen Dierecologie en Fysiologie

Titel:	Effectiviteit van oeverbescherming in de Zweth: Abiotische monitoring 2020 - 2021
Auteurs:	F.P.L. Collas & R.S.E.W. Leuven
Omslag foto:	Volledig dichte combiwand langs de oevers van de Zweth in juli 2021 (Foto: F.P.L. Collas)
Opdrachtgever:	Hoogheemraadschap van Delfland
Referentie RU:	RU/FNWI/DAEP/62003940
Orders:	Secretariaat van de afdeling Dierecologie en Fysiologie, Faculteit der Natuurwetenschappen en Informatica, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Nederland, e-mail: p.charpentier@science.ru.nl, onder vermelding Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2021-5
Trefwoorden:	Combiwand, Damwand, Ecologie, Habitat, Oeverbescherming, Palenrij, Recreatievaart, Wilgen

© 2021. Afdeling Dierecologie en Fysiologie, Instituut voor Water en Wetland Research, Faculteit der Natuurwetenschappen en Informatica, Radboud Universiteit, Heyendaalseweg 135, 6525 AJ Nijmegen, Nederland

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorwoord

In 2020 is door het Hoogheemraadschap van Delfland begonnen met de aanleg van oeverbescherming in de Zweth om de invloed van recreatievaart op de oeverzone te verminderen en tegelijkertijd kansen te creëren voor waterplanten. In totaal zijn zes oeverbeschermingstypen aangelegd: (1) volledig dichte combiwand, (2) combiwand met kleine openingen, (3) een palenrij, (4) wilgentenen, (5) een damwand met wilgentenen inclusief kleine openingen en (6) een dichte damwand met wilgentenen. Deze oeverbeschermingstypen dempen de golfslag en toename in water dynamiek door recreatievaart in het gebied. Daarnaast is de verwachting dat hierdoor de geluidsvervuiling onderwater afneemt. Onbekend is of elk type oeverbescherming even efficiënt de invloed van recreatievaart mitigeert. Daarom is uitgebreide meerjarige monitoring opgestart waarbij de invloed van recreatievaart op diverse abiotische factoren wordt gemeten en de ontwikkeling van waterplanten wordt onderzocht. Dit rapport focust op monitoring die in 2021 heeft plaatsgevonden, waarbij een vergelijking wordt gemaakt met de resultaten uit 2020 (Collas, 2020).

Inhoud

Samenvatting	3
1. Inleiding	4
1.1 Oeverbescherming	4
1.2 Monitoring oeverbescherming	5
1.3 Leeswijzer	5
2. Materiaal en methoden	6
2.1 Algemeen	6
2.2 Metingen 2020 en 2021	6
2.3 Methode recreatievaart metingen	7
2.4 Eigenschappen recreatieboot	8
2.5 Meerdere locaties achter één oeverbescherming	8
2.6 Analyse	8
2.6.1 Invloed recreatievaart op referentielocatie	8
2.6.2 Effectiviteit oeverbeschermingstypen	9
2.6.3 Variatie in effect achter één oeverbescherming	9
3. Resultaten	10
3.1 Karakterisering recreatievaart	10
3.2 Effect recreatievaart geen oeverbescherming	12
3.3 Effectiviteit oeverbescherming	17
3.4 Ruimtelijke variatie effectiviteit oeverbescherming	28
3.5 Kosten baten oeverbeschermingstypen	30
4. Conclusies	31
5. Dankwoord	33
6. Literatuur	34
7. Brondata	35

Samenvatting

Net als in het jaar (2020) van aanleg van verschillende oeverbeschermingstypen in de Zweth is ook in 2021 mitigatie van de invloed van recreatievaart op de hydrodynamiek van de oeverzone waargenomen. Zowel in 2020 als in 2021 was de meest effectieve oeverbeschermingstypen de combiwand en de dichte wand met wilgentenen. Het minst efficiënt was de palenrij. De ontwikkeling van aantallen en bedekkingsgraad van in 2020 aangeplante waterplanten achter de oeverbeschermingstypen sluit aan bij de effectiviteit van de oeverbeschermingstypen.

De waterstand fluctuatie door het passeren van recreatievaart wordt het meest gemitigeerd door de combiwand en dichtewand met wilgentenen. Tevens was de waterdynamiek en variatie in stroomsnelheid bij deze oeverbeschermingstypen het kleinst. De palenrij was verre weg het minst efficiënt en qua effectiviteit vergelijkbaar met de locatie zonder oeverbescherming. Een mogelijke verklaring hiervoor zou kunnen zijn dat de palenrij niet correct is aangelegd.

De watertemperatuur achter de combiwand en dichte wand met wilgentenen was gedurende de meetperiode lager dan op de locatie zonder oeverbescherming. De lagere temperatuur werd op verschillende dieptes waargenomen. Gedurende een heel meetjaar hadden de combiwand en dichtewand het gehele jaar lagere temperaturen dan de locatie met geen bescherming.

Wanneer de kosten per strekkende meter in ogenschouw worden genomen dan is de dichte combiwand de meest kosteneffectieve oeverbeschermingstype. Tevens zijn de wilgentenen interessant gezien de relatief lage kosten van aanleg. Een aandachtspunt is het dichtgroeien van de ruimte tussen de oever en de oeverbescherming. Dit is specifiek van toepassing op de huidige onderzoekslocatie omdat daar grote rietvelden aanwezig zijn. Mogelijk dat dit probleem op andere locaties geringer is. Het is tevens wenselijk om de komende jaren additionele biotische en abiotische metingen in de ontstane microhabitats achter de oeverbeschermingstypen te verrichten om inzicht te krijgen in de temporele ontwikkeling van de nu aanwezige microhabitats. Indien sprake is van een nadelige ontwikkeling, bijv. dichtgroeien door riet, kan worden ingegrepen om de ontstane microhabitats te behouden.

Daarnaast bleek dat de gestelde maximale vaarsnelheid in het gebied stelselmatig wordt overschreden. Handhaving van de vaarsnelheid is dus een mogelijke maatregel om de invloed van recreatievaart in het gebied te beperken.

1. Inleiding

1.1 Oeverbescherming

In 2020 is door het Hoogheemraadschap van Delfland langs de Zweth een zestal verschillende oeverbeschermingstypen aangelegd (Faber 2020; Figuur 1.1).



Figuur 1.1: Informatiebord dat is geplaatst bij de onderzoekslocatie langs de Zweth (Foto: F. Collas).

De aangelegde oeverbeschermingen zijn evenwijdig aan de oever gepositioneerd waardoor een recreatievaart luwe(re) zone ontstaat. De aangelegde oeverbeschermingstypen zijn: (1) volledig dichte combiwand, (2) combiwand met kleine openingen, (3) een palenrij, (4) wilgentenen, (5) een damwand met wilgentenen inclusief kleine openingen en (6) een dichte damwand met wilgentenen. De milieumomstandigheden tussen de oeverbescherming en de oever zijn minder dynamisch zijn dan in de vaargeul. De verminderde dynamiek resulteert in een geschikter leefgebied voor veel karakteristieke aquatische soorten.

1.2 Monitoring oeverbescherming

In de periode 2020-2021 is de effectiviteit van verschillende oeverbeschermingstypen voor het mitigeren van ongewenste effecten van de recreatievaart op de oeverzone geëvalueerd. Hierbij lag in 2020 de focus op het monitoren bij alle oeverbeschermingstypen en een referentielocatie. In 2021 lag de focus op de ruimtelijke variatie in effectiviteit achter dezelfde oeverbeschermingstypes. Tevens is uitgebreid onderzoek verricht naar de rol van een luwe oeverzone voor waterplanten. De abiotische monitoring behelst het meten van golfslag, doorzicht, temperatuur, waterdynamiek, stroomsnelheid en de intensiteit van onderwatergeluid. De metingen zijn uitgevoerd in juli en augustus 2021 vanwege de hoge recreatievaart intensiteit in deze maanden.

1.3 Leeswijzer

Dit rapport heeft tot doel de effectiviteit van mitigatie van recreatievaartinvloeden door de aanleg van verschillende oeverbeschermingstypen te evalueren op basis van resultaten van de abiotische monitoring in 2020-2021. Het voorliggende rapport geeft een eerste interpretatie van de beschikbare gegevens, omdat de monitoring de komende jaren nog wordt voortgezet. In hoofdstuk twee wordt de monitoringsaanpak beschreven, hoofdstuk drie beschrijft de resultaten van de monitoring en in hoofdstuk vier worden de conclusies gepresenteerd.



Figuur 1.2: Recreatievaart op de Zweth in juli 2021 op de onderzoekslocatie met een palenrij voor oeverbescherming (Foto: F. Collas).

2. Materiaal en methoden

2.1 Algemeen

De monitoring is gericht op het meten van de invloed van recreatievaart op de waterstand, de waterdynamiek, het doorzicht en het onderwatergeluid tussen de verschillende oeverbeschermingstypen en de oever. De metingen zijn uitgevoerd bij alle zes de oeverbeschermingstypen en een referentielocatie zonder oeverbescherming.



Figuur 2.1: Onderzoeklocaties langs de Zweth (Locatie 1: volledig dichte combiwand; 2: combiwand met kleine openingen; 3: een palenrij; 4: wilgentenen; 5: een damwand met wilgentenen inclusief kleine openingen; 6: een dichte damwand met wilgentenen, en 7: geen bescherming).

2.2 Metingen 2020 en 2021

Tussen de twee monitoringsjaren zijn verschillende oeverbeschermingstypen gemonitord (Tabel 2.1). In 2020 is vooral gefocust op het in kaart brengen van het effect van recreatievaart wanneer er geen overbescherming aanwezig is. Tevens is gefocust op de effectiviteit van de oeverbeschermingstypen. In 2021 is hetzelfde onderzoek uitgevoerd met als uitbreiding een specifieke focus op de variatie in effectiviteit achter één overbeschermingstype (Tabel 2.1).

Tabel 2.1. Overzicht van de oeverbeschermingstypen waar metingen hebben plaatsgevonden gedurende de twee monitoringsjaren.

Onderzoeksvraag	Gemeten parameters	Jaar	Oeverbeschermingstype						
			CW (D)	CW (O)	PR	WT	DWW (D)	DWW (O)	GB
Effect recreatievaart geen oeverbescherming	Waterstand fluctuatie, waterdynamiek, stroomsnelheid, geluidsniveau	2020							x
		2021							x
Effectiviteit oeverbescherming	Waterstand fluctuatie, waterdynamiek, watertemperatuur, relatieve licht intensiteit, doorzicht	2020	x	x	x	x	x	x	x
		2021	x	x	x	x	x	x	x
		2020		x	x			x	x
		2021		x	x	x		x	x
	Stroomsnelheid	2020		x	x			x	x
		2021		x	x	x		x	x
	Geluidsniveau	2020		x	x			x	x
		2021		x	x	x		x	x
Meerdere locaties één oeverbescherming	Waterstand fluctuatie	2020						x	x
		2021	x	x		x	x	x	x

Afkortingen: CW (D): Combiwand (dicht); CW (O): Combiwand (open); PR: Palenrij; WT: Wilgentenen; DWW (O): Dichte wand met wilgentenen (open); DWW (D): Dichte wand met wilgentenen (dicht); GB: geen bescherming.

2.3 Methode recreatievaart metingen

Gedurende vijf dagen zijn abiotische parameters gemeten in de zone achter de verschillende oeverbeschermingstypen (Locatie 1 t/m 6, Figuur 2.1) en in een referentielocatie (Locatie 7, Figuur 2.1). Per beschermingstype is op één locatie meetapparatuur geplaatst. De metingen bestonden uit het meten van de waterstand (Water Level Datalogger, Onset HOBO, Tabel 2.2), de waterdynamiek (G Data loggers, Onset HOBO, Tabel 2.2), de watertemperatuur (Water Temperature logger, Onset HOBO, Tabel 2.2) en de relatieve licht intensiteit (viz. het doorzicht) middels licht intensiteit loggers (Light Intensity loggers, Onset HOBO, Tabel 2.2). De meetintensiteit van alle apparatuur was 1 meting per seconde. Om de waterstand te bepalen is op één locatie de barometrisch luchtdruk gemeten. Voor het bepalen van de relatieve lichtintensiteit is per locatie één lichtintensiteitlogger boven het water geplaatst. In aanvulling op de metingen van relatieve lichtintensiteit (lees: relatief doorzicht) zijn dagelijks ook secchi-schijf metingen uitgevoerd op alle 7 onderzoeklocaties.

Naast voorgenoemde parameters die simultaan werden gemeten op alle onderzoeklocaties is ook de stroomsnelheid gemeten op een diepte van 10 en 50 cm onder het wateroppervlak (Vernier, Tabel 2.2), eveneens met een meetintensiteit van 1 meting per seconde. Dit is niet tegelijkertijd op alle locaties uitgevoerd maar serieel en met een grotere meetinspanning op de referentielocatie. Het onderwatergeluidsniveau is gemeten door middel van een gekalibreerde hydrofoon (AS-1, Aquarian Audio). Net als de stroomsnelheid metingen hebben de geluidsmetingen niet simultaan maar serieel op verschillende locaties plaatsgevonden vanwege beperkte beschikbaarheid van de benodigde meetapparatuur. In totaal is het geluid en de stroomsnelheid bij drie oeverbeschermingstypen gemeten naast de referentielocatie.

Tabel 2.2. Eigenschappen van de gebruikte meetapparatuur inclusief meetbereik en nauwkeurigheid.

Parameter	Type-nummers	Eenheid	Meetbereik	Nauwkeurigheid	Webpagina
Temperatuur	UA-002-64	°C	-20 tot 70 °C 0 - 320.000	± 0.53 °C	Link
Licht intensiteit	UA-002-64	Lux	lux	zie specificaties website	Link
Waterstand	U20L-04	kPa	0 - 145 kPa	0.43 kPa (maximaal)	Link
Waterdynamiek	UA-004-64	g	± 3 g	± 0.105 g ± 1% van volledige	Link
Stroomsnelheid	FLO-BTA	m/s	0 - 4.0 m/s	benutting	Link

Tijdens de abiotische metingen is op één vast punt, de referentielocatie, genoteerd wanneer een recreatieboot voorbij kwam varen. Tevens werd de vaarrichting genoteerd en is de afstand tot de betreffende boot met een afstandsmeter gemeten. Vervolgens zijn aan het moment van passeren 2 minuten aan monitoringsgegevens gekoppeld. Gebruikmakend van de data behorende bij ieder recreatieboot is de variatie in waterstand en stroomsnelheid bepaald in de voorgenoemde 2 minuten aan gegevens als een indicatie van de scheepvaarteffecten op beide parameters. Tevens is de gemiddelde relatieve lichtintensiteit bepaald. De waterdynamiek is vastgesteld door de variatie van positie van de g-kracht meter langs de x, y en z-as te sommeren per recreatieboot en de variatie in berekende g-kracht vast te stellen. Van elke individuele boot is een separaat geluidsfragment gemaakt waarbij de boot

hoorbaar was door middel van de software Audacity. Voor elke individuele boot is vervolgens het geluidsspectrum en de intensiteit bepaald met behulp van de software SpectraPlus.

Om te bepalen wanneer elke recreatieboot precies ter hoogte was van de meetapparatuur op de verschillende locaties is gebruik gemaakt van een wildcamera aan het einde van het onderzoekstraject. Door vervolgens de tijd van passeren van dezelfde recreatieboot op de wildcamera te combineren met de tijd van passeren bij de referentielocatie (start van het onderzoekstraject) kan aan de hand van de afstand tussen beide punten de vaarsnelheid worden bepaald. Vervolgens is de vaarsnelheid gebruikt om het precieze moment van passeren van elke recreatieboot bij elke meetlocatie te bepalen waarna 2 minuten aan meetgegevens konden worden gekoppeld.

2.4 Eigenschappen recreatieboot

Voor ieder recreatievaartuig is vervolgens het boottype bepaald (bijvoorbeeld kajuitmotorjacht, open motorboot (zie [Hiswa](#)). Aan de hand van beeldmateriaal is bepaald of de recreatieboot een buitenboord of binnenboord motor heeft.

2.5 Meerdere locaties achter één oeverbescherming

Gedurende meerdere dagen is de waterstand fluctuatie gemeten op meerdere plekken in de zone achter één oeverbeschermingstype. Er is gekozen om alleen de waterstand fluctuatie te meten daar dit het primaire effect van recreatievaart is: golfslag. Indien er geen verschil in waterstand fluctuatie is tussen de twee plekken dan is het zeer aannemelijk dat ook de andere variabelen niet variëren tussen de twee plekken achter één oeverbeschermingstype. Metingen hebben plaatsgevonden bij 5 van de 6 oeverbeschermingstypen namelijk: 1) volledige dichte combiwand, 2) combiwand met kleine openingen, 3) wilgentenen, 4) damwand met wilgentenen inclusief kleine openingen en 5) een dichte damwand met wilgentenen. Per oeverbeschermingstype is op twee plekken gemeten.

2.6 Analyse

2.6.1 Invloed recreatievaart op referentielocatie

De effecten van recreatievaart gemeten op de locatie zonder bescherming zijn geanalyseerd in relatie tot de eigenschappen van de betreffende passerende recreatievaart. De effecten zijn uitgedrukt door de volgende parameters: 1) waterstandsfluctuatie, 2) waterbeweging, 3) maximale stroomsnelheid en 4) geluidsniveau.

De parameters waterstandfluctuatie, waterbeweging en stroomsnelheid zijn geanalyseerd door middel van een generalized linear model (GLM) met een gamma verdeling en een log link in R statistics (R core Team 2020). Een gamma verdeling is gebruikt omdat de data niet normaal was verdeeld en werd gekarakteriseerd door een gamma verdeling. Afstand, vaarrichting, boottype, motortype, vaarsnelheid zijn als verklarende factoren gebruikt bij het fitten van meerdere modellen. Hierbij is gekozen voor een toenemende complexiteit in gefitte modellen, inclusief interacties. Model selectie vond plaats door middel van de laagste AIC ('Akaike's information criterion') of AICc waarde ('Corrected Akaike's information criterion'). Indien sprake

was van een hoofdeffect van een van de meegenomen factoren of van een interactie tussen beide, werd een Tukey post-hoc analyse uitgevoerd.

Het geluidsniveau was noch gamma noch normaal verdeeld. Daarom is gebruik gemaakt van een non-parametrische analyse om het effect van vaarrichting, boottype en motortype op het geluidsniveau te analyseren. Non-parametrische analyse met meerdere verklarende factoren is echter lastig en daarom zijn separate analyses voor elk van de verklarende factoren uitgevoerd. De analyse is uitgevoerd door middel van een Kruskal-test. Vervolgens is een Wilcox-test gebruikt voor de post-hoc analyse, hierbij is een Bonferroni correctie uitgevoerd voor de p-waarde. De relatie tussen vaarsnelheid en geluidsniveau is geanalyseerd middels een lineaire regressie.

2.6.2 Effectiviteit oeverbeschermingstypen

De effectiviteit van de verschillende oeverbeschermingstypen is in het geval van de waterstandfluctuatie, waterbeweging, fluctuatie in g-kracht, gemiddelde relatieve lichtintensiteit, stroomsnelheid en geluidsniveau non-parametrisch geanalyseerd met locatie als verklarende factor. De betreffende data was namelijk niet normaal en niet gamma verdeeld. De analyse is uitgevoerd door middel van een Kruskal-test. Vervolgens is een Wilcox-test gebruikt voor de post-hoc analyse, hierbij is een Bonferroni correctie uitgevoerd voor de p-waarde.

Het doorzicht is geanalyseerd door middel van GLM met een gamma verdeling en een log link. Hierbij is locatie als verklarende factor gebruikt. De post-hoc analyse is uitgevoerd middels een Tukey post-hoc test.

De temperatuur in de zone achter de verschillende oeverbeschermingvormen is vergeleken met de temperatuur op de locatie zonder oeverbescherming. Het verschil in temperatuur is bepaald tussen elke oeverbeschermingvorm en de locatie zonder oeverbescherming voor elke individuele meetdag. Vervolgens is per locatie beoordeeld of het koeler of warmer was.

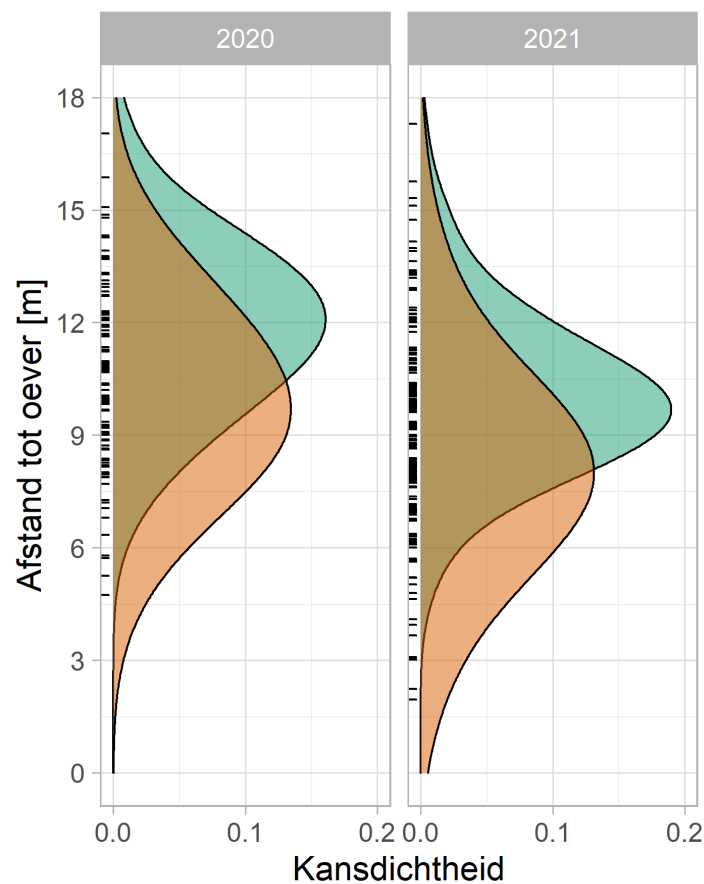
2.6.3 Variatie in effect achter één oeverbescherming

De waterstandfluctuaties zijn non-parametrisch en parametrisch geanalyseerd afhankelijk van de dataset. Sommige data was niet normaal en niet gamma verdeeld andere data was wel gamma verdeeld. De non-parametrische analyse is uitgevoerd door middel van een Kruskal-test. Vervolgens is een Wilcox-test gebruikt voor de post-hoc analyse, hierbij is een Bonferroni correctie uitgevoerd voor de p-waarde. De parametrische analyse is uitgevoerd middels een GLM met een gamma verdeling en een log link geanalyseerd met locatie als verklarende factor. De post-hoc analyse is uitgevoerd middels een Tukey post-hoc test.

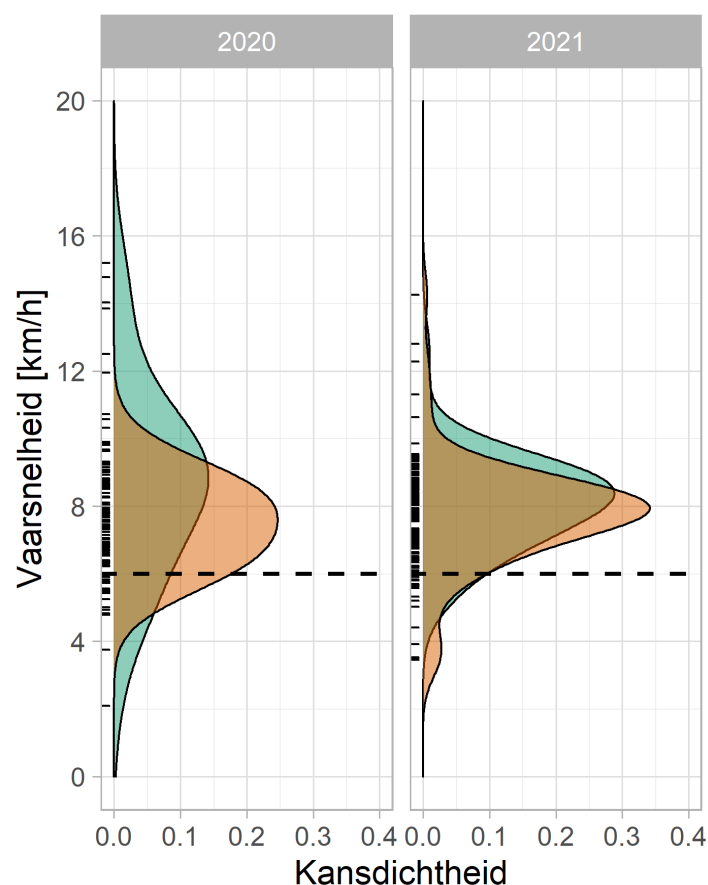
3. Resultaten

3.1 Karakterisering recreatievaart

De afstand tot de oever van de passerende recreatievaart varieerde van 2 tot 17 meter. De recreatievaart richting de Lange Wiering vaart passeerde (richting zuidwesten) op een grotere gemiddelde afstand in zowel 2020 als 2021 dan de recreatievaart die de ander kant op voer (Figuur 3.1). In 2021 passeerde de recreatievaart dichters langs de oever dan in 2020 (Figuur 3.1). Vaarsnelheid varieerde van 2.1 tot 15.2 km/h waarbij overschrijding van de maximale vaarsnelheid van 6 km/h met name plaats vond door recreatievaart richting de Lange Wiering (zuidwesten, Figuur 3.2).



Figuur 3.1. Kansdichtheid van de afstand tot oever van de gemeten recreatievaart voor boten varende richting het noordoosten (blauw) of zuidwesten (rood). De streepjes in de marge zijn de daadwerkelijke datapunten ($n = 313$).



Figuur 3.2. Kansdichtheid van de vaarsnelheid van de gemeten recreatievaart voor boten varende richting het noordoosten (blauw) of zuidwesten (rood). De stippellijn visualiseert de maximaal toegestane vaarsnelheid van 6 km/h en de streepjes in de marge zijn de daadwerkelijke datapunten (n = 313).

Procentueel was 17.9% een kajuitmotorboot en de overige 82.1% bestond uit het recreatievaarttype open motorboot. De motor was in 63.3% van de passerende boten een binnenboordmotor. Een buitenboordmotor werd waargenomen bij 36.7% van de passerende boten (Tabel 3.1).

Tabel 3.1. Kenmerken van de passerende recreatievaart in relatie tot vaarrichting, boottype en motor.

	Links				Rechts			
	Open motorboot		Kajuit-motorjacht		Open motorboot		Kajuit-motorjacht	
	2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
<i>Buitenboordmotor</i>	17	38	3	5	12	31	5	4
<i>Geen buitenboordmotor</i>	29	41	3	11	39	50	12	13
Totaal	46	79	6	16	51	81	17	17

3.2 Effect recreatievaart geen oeverbescherming

Generiek gezien zijn vaarrichting, motortype en vaarsnelheid belangrijke factoren die de effecten van de recreatievaart bepalen (Tabel 3.2). De verklarende waarde van de modellen is echter zeer beperkt ($< 0,20$). Dit impliceert dat er mogelijk nog andere eigenschappen van de recreatievaart zijn die de variatie in gemeten parameters beter verklaren. Mogelijke andere verklarende factor zijn schroeftype of pk van de motor. Dergelijke eigenschappen van de passerende recreatievaart zijn echter lastig vast te stellen vanaf de oever.

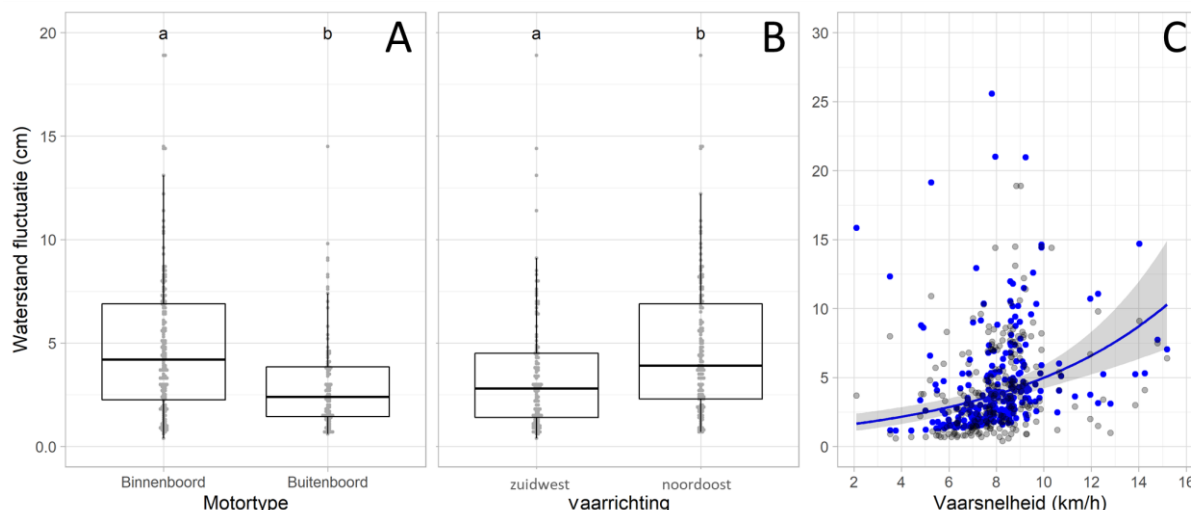
Tabel 3.2. Overzicht van de geanalyseerde parameters en de bijbehorende factoren die onderdeel zijn van het best verklarende model.

Parameter	Verklarende factoren						Model eigenschappen				
	Afstand	Vaarrichting	Boortype	Motortype	Vaarsnelheid	Boortype:Motortype	R ²	AIC	N	Jaar	Verdeling
Waterstand fluctuatie	-	< 0,001	-	< 0,001	< 0,001	-	0,26*	1169,81	262	2020 - 2021	Gamma
Waterbeweging	-	-	< 0,05	< 0,001	< 0,001	< 0,05	0,18*	1917,16	262	2020 - 2021	Gamma
Stroomsnelheid (-10 cm)	-	< 0,01	-	< 0,05	-	-	0,08*	925,49	216	2020 - 2021	Gamma

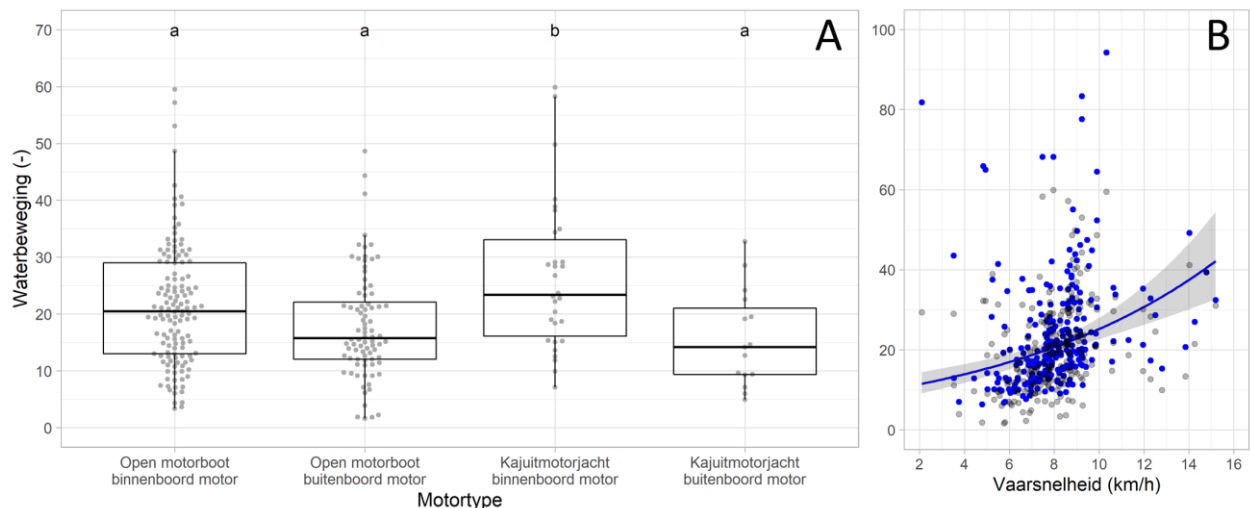
*: dit betreft een Nagelkerke R² waarde

Golfslag

De fluctuatie in waterstand tijdens de passage van een recreatievaartuig verschilde significant tussen motortypen ($\chi^2 = 8,1275$, DF = 1, P-waarde < 0,001; Figuur 3.2A) en neemt toe met toenemende vaarsnelheid ($\chi^2 = 12,6938$, DF = 1, P-waarde < 0,001; Figuur 3.2C). De fluctuatie in waterstand verschilde ook tussen vaarrichting ($\chi^2 = 10,6211$, DF = 1, P-waarde < 0,001; Figuur 3.2B). Het beste model verklaarde maar een klein deel van de variatie in waterstand fluctuatie (Nagelkerke R²: 0,26).



Figuur 3.3. Waterstand fluctuatie tijdens de passage van een recreatievaartuig in cm in relatie tot (A) het motortype, (B) de vaarrichting en (C) de vaarsnelheid ($n = 262$). De grijze punten in C zijn de daadwerkelijk gemeten fluctuaties en de blauwe punten zijn de vastgestelde fluctuaties aan de hand van het model. Een aantal extreme model waarden zijn niet zichtbaar vanwege de schaal van de y-as. Verschillende letters geven significante verschillen aan.

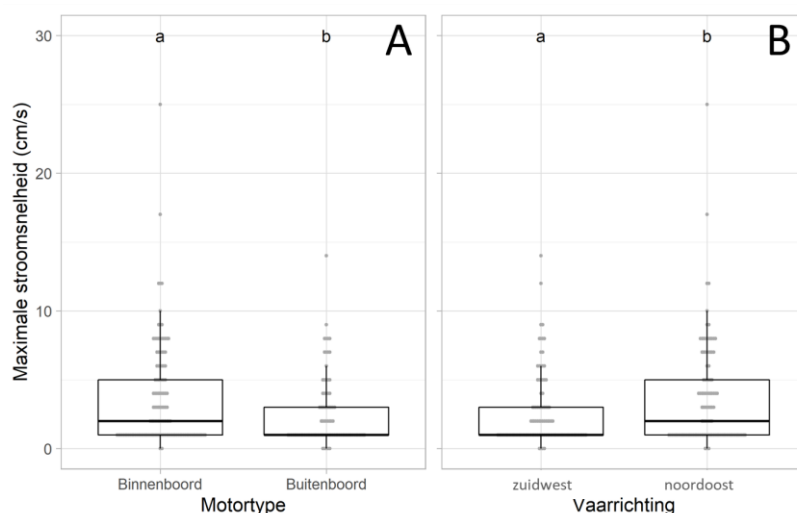


Figuur 3.4. Waterbeweging tijdens de passage van een recreatievaartuig in relatie tot (A) het motortype en boottype en (B) de vaarsnelheid (n = 262). De grijze punten in B zijn de daadwerkelijk gemeten fluctuaties en de blauwe punten zijn de vastgestelde fluctuaties aan de hand van het model. Een aantal extreme model waarden zijn niet zichtbaar vanwege de schaal van de y-as. Verschillende letters duiden significante verschillen.

Waterbeweging tijdens de passage van een recreatievaartuig verschilde significant tussen motortype ($\chi^2 = 2,6661$, DF = 1, P-waarde $\leq 0,001$) en boottype ($\chi^2 = 1,2618$, DF = 1, P-waarde $< 0,05$). Tevens was sprake van een significante interactie tussen boottype en motortype ($\chi^2 = 1,3766$, DF = 1, P-waarde $< 0,05$; Figuur 3.4A). De waterbeweging nam toe met toenemende vaarsnelheid ($\chi^2 = 7,6520$, DF = 1, P-waarde $< 0,001$; Figuur 3.4B). Het gebruikte model verklaarde maar een klein deel van de variatie in waterstand fluctuatie (Nagelkerke R^2 : 0,18).

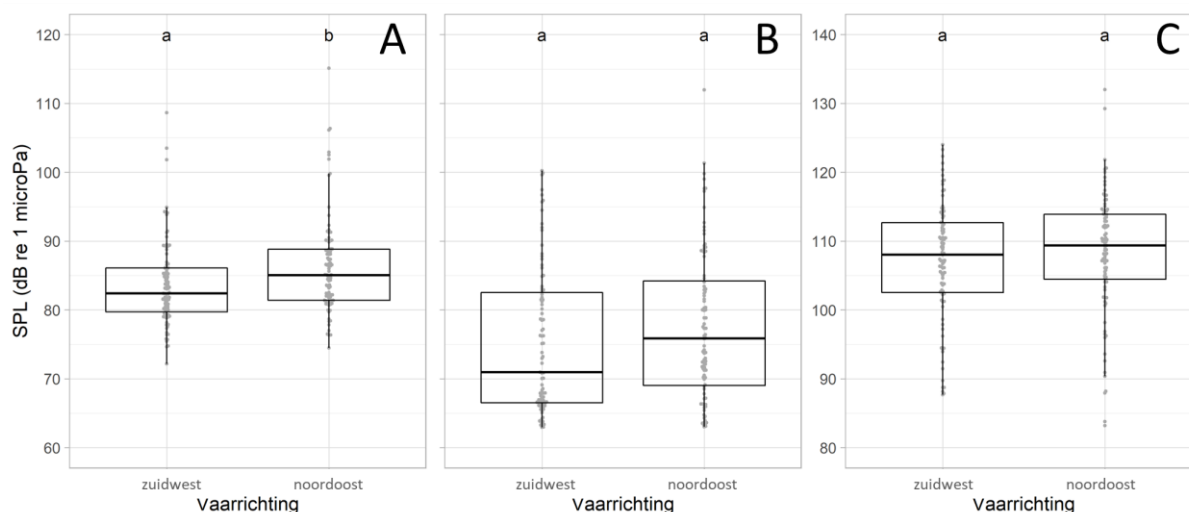
Stroomsnelheid

De maximale gemeten stroomsnelheid tijdens passage van een recreatievaartuig was 25 cm/s. De stroomsnelheid op 10 cm onder het wateroppervlak verschilde significant tussen motortype ($\chi^2 = 4,8640$, DF = 1, P-waarde $< 0,05$, Figuur 3.5A) en vaarrichting ($\chi^2 = 6,7988$, DF = 1, P-waarde $< 0,01$, Figuur 3.5B). Bovenstaande effecten zijn gebaseerd op een slecht verklarend model (Nagelkerke R^2 : 0,08). De stroomsnelheidsmetingen op 50 cm onder het wateroppervlak werden niet gekarakteriseerd door een verdeling, verdere analyses zijn daarom niet uitgevoerd.



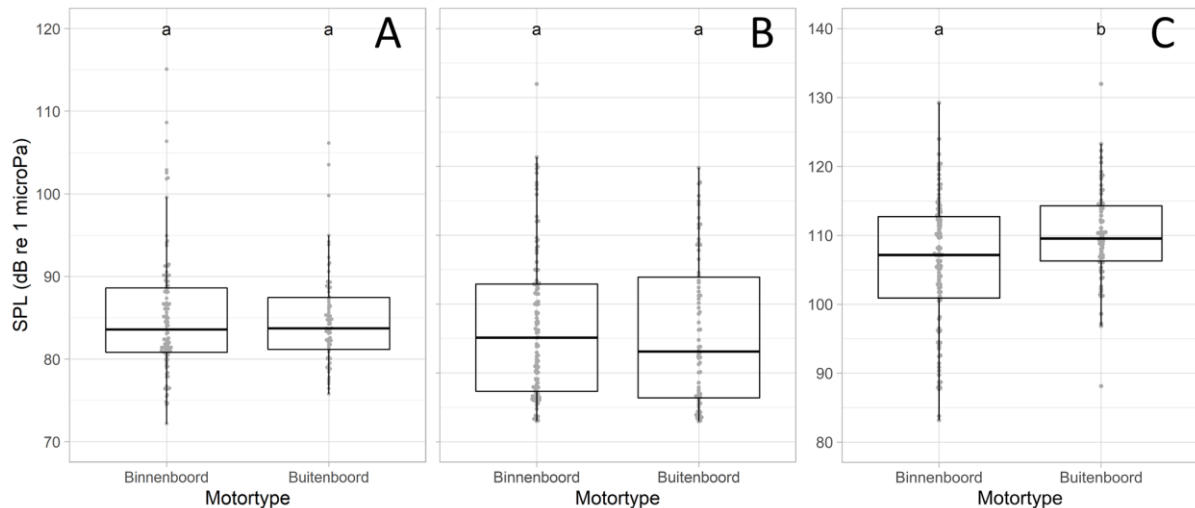
Figuur 3.5. Maximale stroomsnelheid tijdens de passage van een recreatievaartuig in relatie tot (A) het motortype en (B) de vaarrichting bij een stroomsnelheidsmeting op 10 cm onder het wateroppervlak ($n = 216$). Verschillende letters duiden significante verschillen.

Geluidsniveau



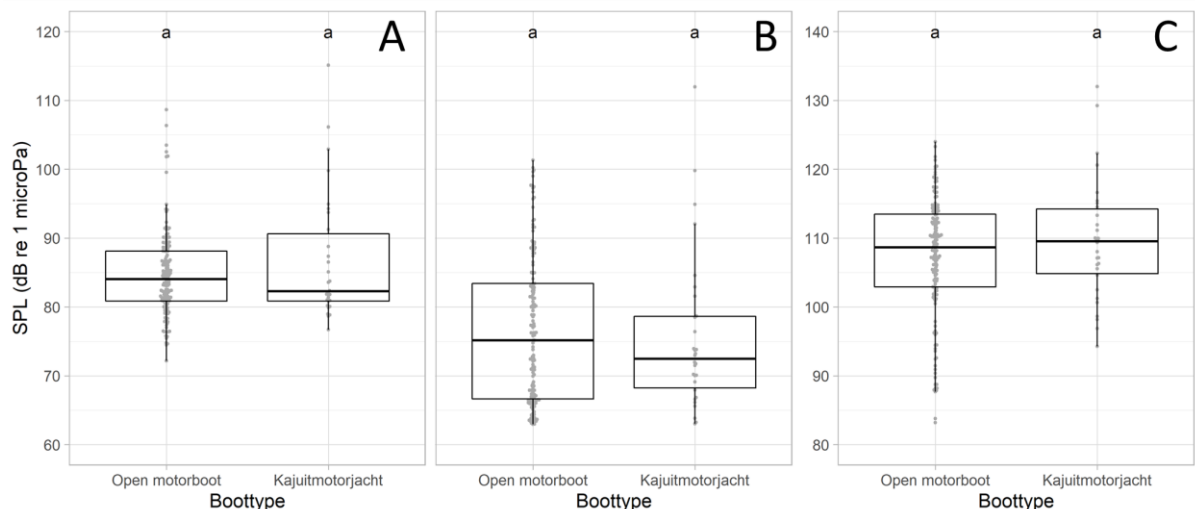
Figuur 3.6. Absolute geluidsintensiteit uitgedrukt in 'sound pressure level' onder water tijdens de passage van een recreatievaartuig in relatie tot de vaarrichting bij een geluidsfrequentie van (A) 200 Hz, (B), 500 Hz en (C) 2000 Hz. ($n = 183$). Verschillende letters duiden significante verschillen.

Het absolute geluidsniveau bij 200 Hz onder water verschilde significant tussen de vaarrichting van de recreatievaartuigen (W-waarde = 3199,5; P-waarde < 0,01; Figuur 3.6A). Bij 500 Hz en 2000 Hz verschilde het geluidsniveau niet tussen de vaarrichting van de recreatievaartuigen (W-waarde = 3615,5; P-waarde = 0,11; W-waarde = 3837,5; P-waarde = 0,33, respectievelijk; Figuur 3.6B en C). Het absolute geluidsniveau verschilde niet in relatie tot het motortype voor 200 Hz (W-waarde = 3940,5; P-waarde = 0,79; Figuur 3.7A) en 500 Hz (W-waarde = 4272,5; P-waarde = 0,50; Figuur 3.7B). Bij 2000 Hz produceerde de buitenboordmotor een significant hoger geluidsniveau (W-waarde = 3158,5; P-waarde < 0,05; Figuur 3.7C).



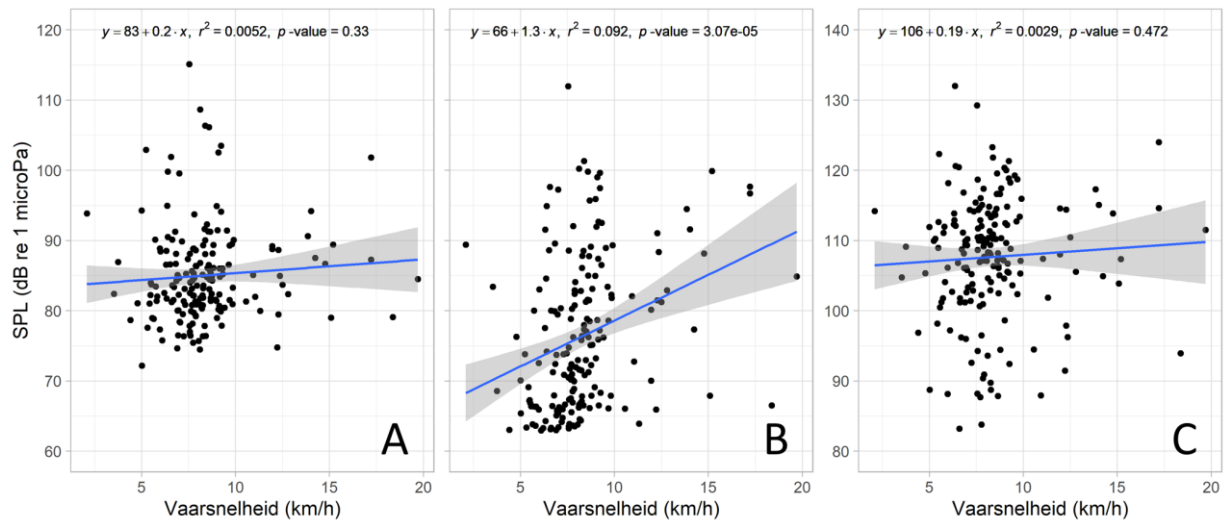
Figuur 3.7. Absolute geluidsintensiteit uitgedrukt in 'sound pressure level' onder water tijdens de passage van een recreatievaartuig in relatie tot het motortype bij een geluidsfrequentie van (A) 200 Hz, (B), 500 Hz en (C) 2000 Hz. ($n = 183$). Verschillende letters duiden significante verschillen.

Het absolute geluidsniveau onder water verschilde niet in relatie tot het boottype voor 200 Hz (W-waarde = 2234; P-waarde = 0,82; Figuur 3.8A), 500 Hz (W-waarde = 2436; P-waarde = 0,60; Figuur 3.8B) en 2000 Hz (W-waarde = 2133; P-waarde = 0,54; Figuur 3.8C).



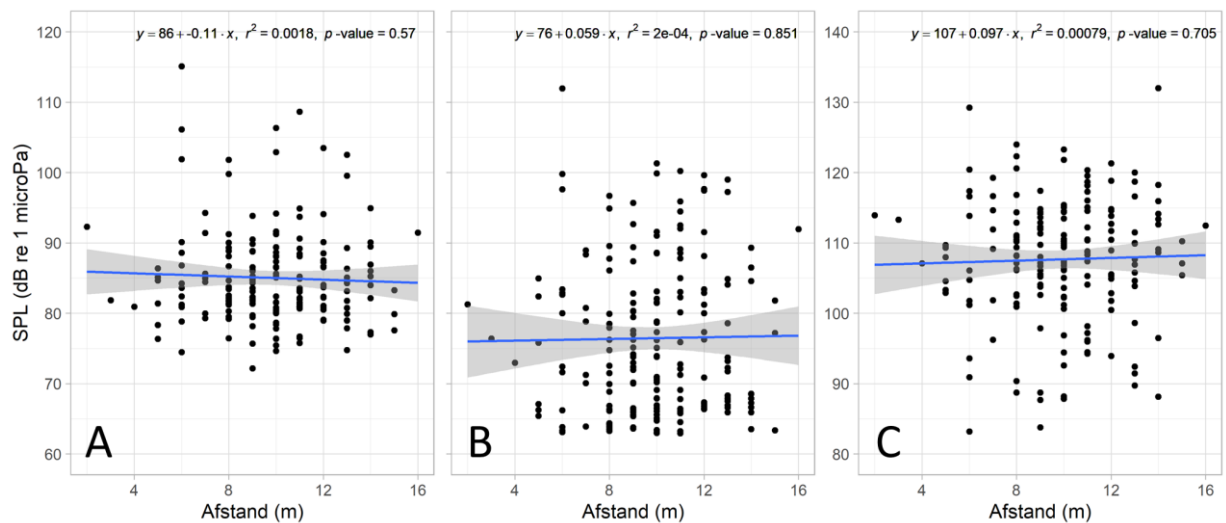
Figuur 3.8. Absolute geluidsintensiteit uitgedrukt in 'sound pressure level' tijdens de passage van een recreatievaartuig in relatie tot het boottype bij een geluidsfrequentie van (A) 200 Hz, (B), 500 Hz en (C) 2000 Hz. ($n = 183$). Verschillende letters duiden significante verschillen.

Er was geen significante relatie tussen vaarsnelheid en absoluut geluidsniveau bij 200 Hz (Figuur 3.9A) en bij 2000 Hz (Figuur 3.9C). Daarentegen nam voor 500 Hz het geluidsniveau toe bij toenemende vaarsnelheid (Figuur 3.9B). De R^2 van de betreffende relatie is zeer laag ($R^2 = 0.09$), hetgeen impliceert dat vaarsnelheid een beperkte verklarende waarde heeft.



Figuur 3.9. Absolute geluidsintensiteit uitgedrukt in 'sound pressure level' onder water tijdens de passage van een recreatievaartuig in relatie tot de vaarsnelheid bij een geluidsfrequentie van (A) 200 Hz, (B), 500 Hz en (C) 2000 Hz (n = 183).

In het geval van afstand van passeren was er voor 200 Hz, 500 Hz en 2000 Hz geen relatie met het absolute geluidsniveau (Figuur 3.10A, B, en C).



Figuur 3.10. Absolute geluidsintensiteit uitgedrukt in 'sound pressure level' onder water tijdens de passage van een recreatievaartuig in relatie tot de afstand van passeren bij een geluidsfrequentie van (A) 200 Hz, (B), 500 Hz en (C) 2000 Hz. (n = 183).

3.3 Effectiviteit oeverbescherming

De effectiviteit in het mitigeren van de invloed van recreatievaart is het hoogst bij de combiwand (Tabel 3.3). Gevolgd door de wilgentenen constructie en de open varianten van de combiwand en damwand met wilgentenen. De palenrij heeft de laagste effectiviteit met betrekking tot het mitigeren van de invloed van recreatievaart. De mitigatie van het onderwater geluid door de verschillende oeverbeschermingstypen is afhankelijk van de geluidsfrequentie

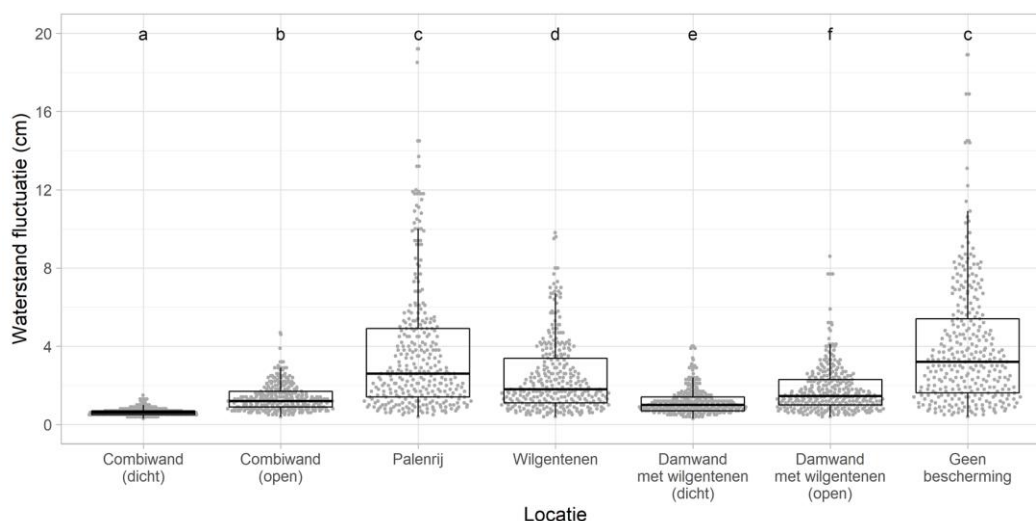
Tabel 3.3. Overzicht van de verschillen van de verschillende oeverbeschermingstypen ten opzichte van de situatie met 'geen bescherming' voor de gemeten abiotische parameters en voor de soortenrijkdom en bedekkingsgraad van waterplanten.

Parameter	Verskil ten opzichte van 'Geen bescherming'						Model eigenschappen				
	CW (D)	CW (O)	PR	WT	DWW (O)	DWW (D)	R ²	AIC	N	Jaar	Verdeling
Waterstand fluctuatie	< 0,001	< 0,001	1,0	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-	2198	2020 - 2021	Non-parametrisch
Waterbeweging	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-	2198	2020 - 2021	Non-parametrisch
Fluctuatie g-kracht	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-	2198	2020 - 2021	Non-parametrisch
Gemiddelde relatieve licht intensiteit	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-	-	1216	2021	Non-parametrisch
Doorzicht	< 0,001	1,00	0,99	0,07	< 0,05	< 0,001	0,78*	492,25	70	2021	Gamma
Stroomsnelheid (-10 cm)	-	0,14	1,00	0,08	< 0,001	-	-	-	307	2020 - 2021	Non-parametrisch
Stroomsnelheid (-50 cm)	-	0,28	1,00	1,00	0,11	-	-	-	307	2020 - 2021	Non-parametrisch
Aantallen waterplanten											
2020	+	++	=	++	+	+	Hoogheemraadschap Delfland 2020 Hoogheemraadschap Delfland 2021				
2021	++	++	=	++	+	+					
Bedekkingsgraad waterplanten											
2020	++	++	+	++	++	++	Hoogheemraadschap Delfland 2020 Hoogheemraadschap Delfland 2021				
2021	++	++	=	++	++	++					

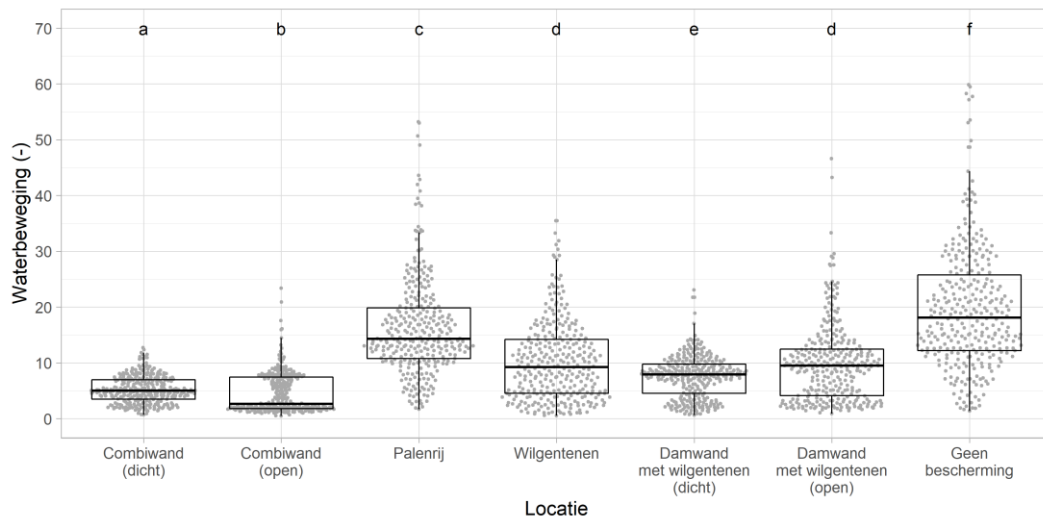
Afkortingen: CW (D): Combiwand (dicht); CW (O): Combiwand (open); PR: Palenrij; WT: Wilgentenen; DWW (O): Dichte wand met wilgentenen (open); DWW (D): Dichte wand met wilgentenen (dicht). *: dit betreft een Nagelkerke R² waarde; =: gelijk aan 'geen bescherming', +: hoger dan 'geen bescherming'; ++: veel hoger dan 'geen bescherming'.

Golfslag

De fluctuatie van de waterstand tijdens passage van een recreatievaartuig verschilde significant tussen de verschillende oeverbeschermingstypen (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 901,22$; DF = 6; P-waarde < 0,001). De laagste fluctuatie is gemeten achter de dichte combiwand (Figuur 3.11). De waterstandfluctuatie achter de palenrij verschilde niet van de locatie zonder oeverbescherming (referentie). Zowel de open combiwand als damwand hadden een significant hogere fluctuatie dan hun dichte variant.

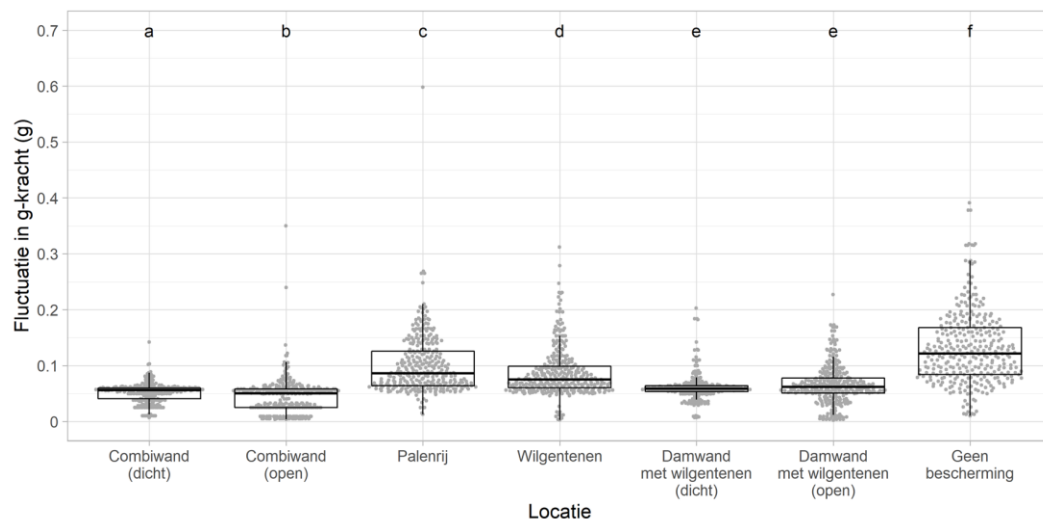


Figuur 3.11. Boxplot weergave van de fluctuatie in waterstand bij de verschillende oeverbeschermingstypen ten tijde van het passeren van een recreatievaartuig (n = 314 per oeverbescherming). Verschillende letters duiden significante verschillen.



Figuur 3.12. Boxplot weergave van de waterbeweging bij de verschillende oeverbeschermingstypen ten tijde van het passeren van een recreatievaartuig (n = 314 per oeverbescherming). Verschillende letters duiden significante verschillen.

De waterbeweging verschilde significant tussen de verschillende oeverbeschermingstypen (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 880,42$; DF = 6; P-waarde < 0,001). Alle zes de oeverbeschermingstypen werden gekenmerkt door significant minder waterbeweging dan de situatie zonder oeverbescherming (Figuur 3.12). Wederom was de slechts scorende oeverbescherming de palenrij. De waterbeweging achter de open combiwand was lager dan de dichte combiwand. Bij de damwand met wilgentenen was er meer waterbeweging achter de open constructie dan achter de dichte constructie (Figuur 3.12).



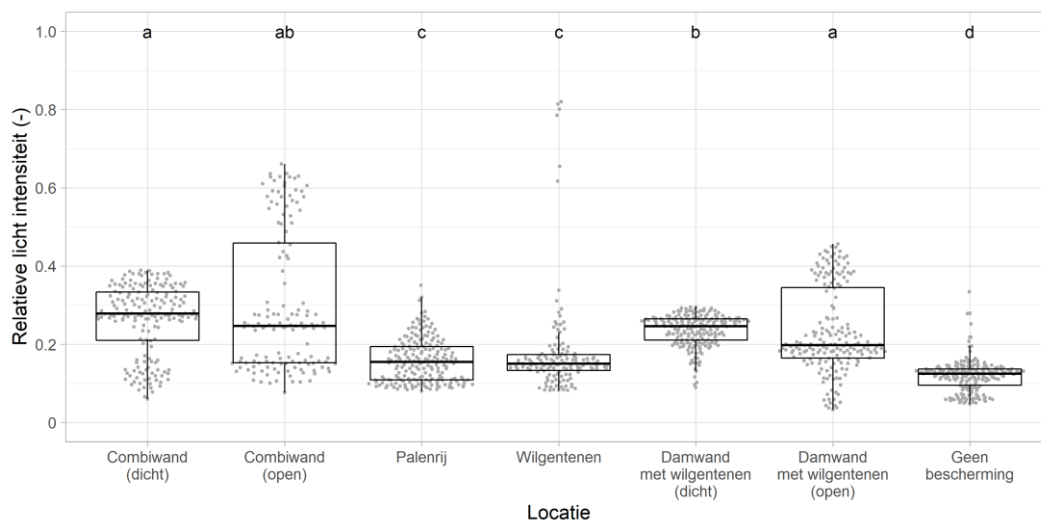
Figuur 3.13. Boxplot weergave van de fluctuatie in g-kracht bij de verschillende oeverbeschermingstypen ten tijde van het passeren van een recreatievaartuig (n = 314 per oeverbescherming). Verschillende letters duiden significante verschillen.

Fluctuatie in g-kracht tijdens scheepspassage verschilde significant tussen locaties (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 0,89951$; DF = 6; P-waarde < 0,001). De locatie zonder bescherming werd gekenmerkt door de grootste fluctuatie in g-kracht. Daaropvolgend zijn de palenrij en

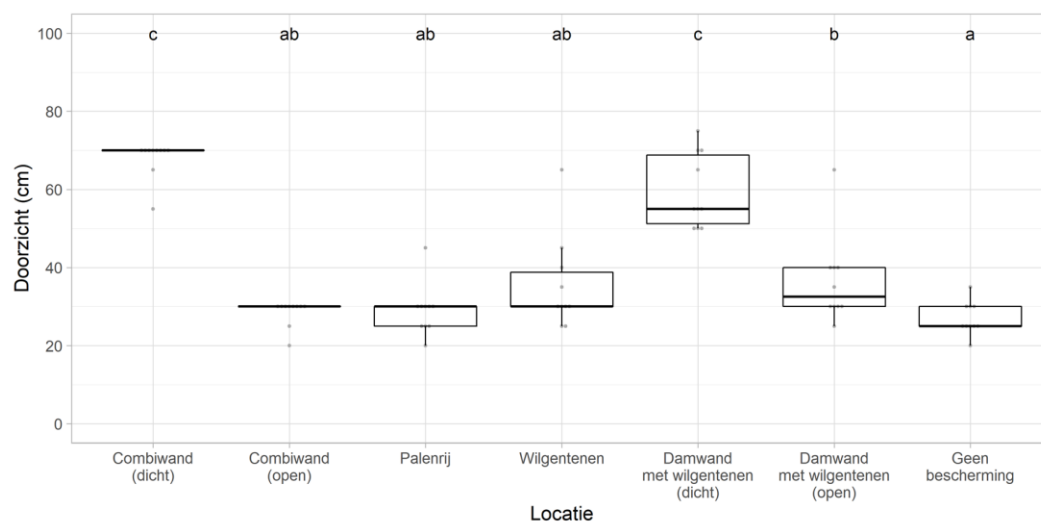
wilgentenen oeverbeschermingstype. De open en dichte combiwand en damwand met wilgentenen hadden een zeer beperkte fluctuatie in g-kracht (Figuur 3.13).

Licht intensiteit

De gemiddelde relatieve lichtintensiteit verschilde significant tussen de verschillende oeverbeschermingstypen (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 430,22$; DF = 6; P-waarde < 0,001; Figuur 3.14). Hetzelfde patroon wordt bevestigd door metingen van het doorzicht middels de secchischijf (Figuur 3.15). Doorzicht verschilde significant tussen oeverbeschermingstypen ($\chi^2 = 2,6219$; DF = 6; P-waarde < 0,001). Het doorzicht op de locatie zonder bescherming en de palenrij was niet significant verschillend van elkaar (Figuur 3.15). Het doorzicht bij de dichte combiwand en damwand met wilgentenen was significant hoger dan de locatie zonder oeverbescherming (Figuur 3.15).

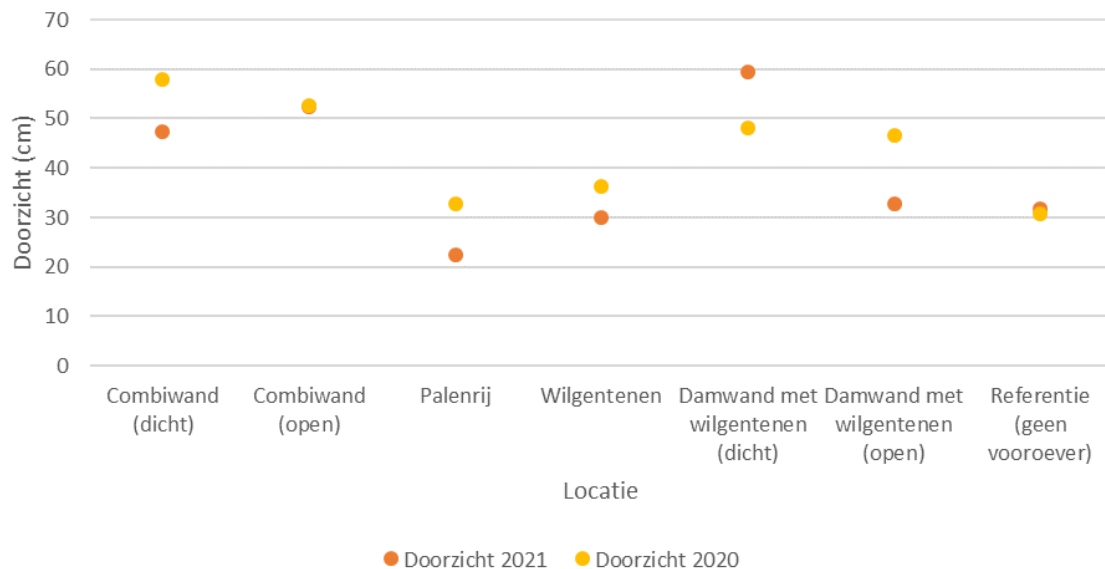


Figuur 3.14. Boxplot weergave van de gemiddelde relatieve licht intensiteit bij de verschillende oeverbeschermingstypen ten tijde van het passeren van een recreatievaartuig (n = 1216). Verschillende letters duiden significante verschillen.



Figuur 3.15. Boxplot weergave van het doorzicht gemeten met een secchischijf bij de verschillende oeverbeschermingstypen (n = 10 per oeverbeschermingstype). Verschillende letters duiden significante verschillen.

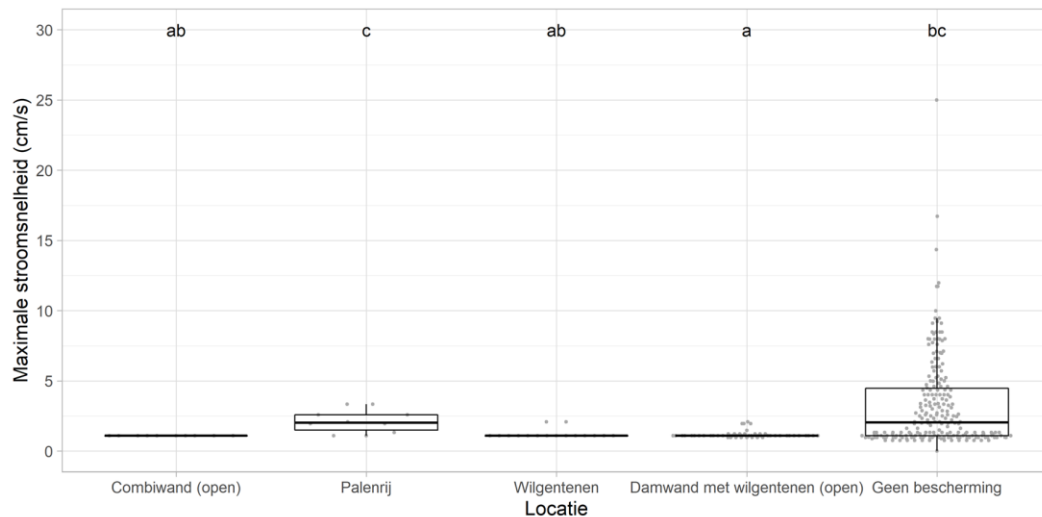
Tijdens de waterplanten monitoring in 2020 en 2021 is ook de secchidiepte bepaald (zie Hoogheemraadschap Delfland 2020 en 2021). Het patroon in doorzicht waargenomen tijdens de waterplanten monitoring is vergelijkbaar met het doorzicht waargenomen tijdens het onderzoek beschreven in dit rapport (Figuur 3.15 en 3.16).



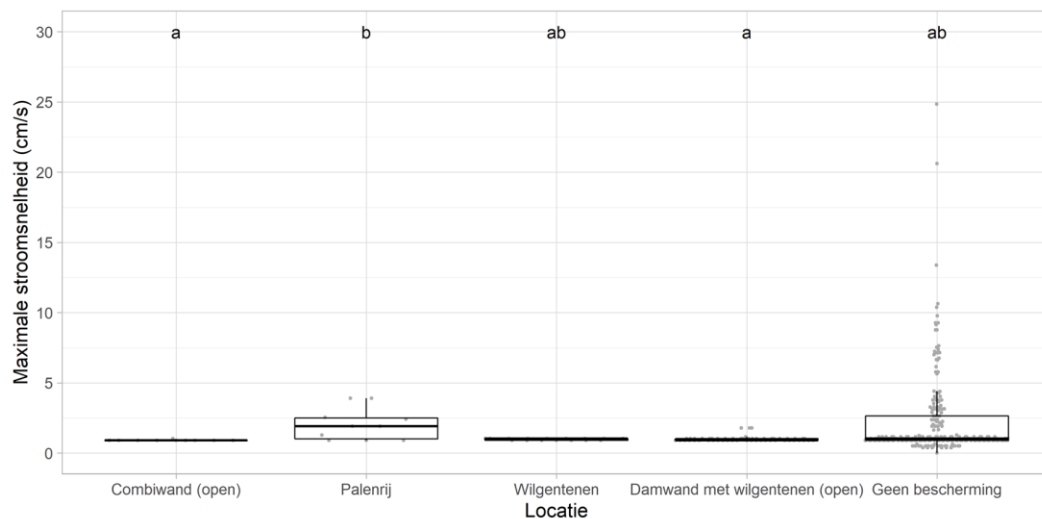
Figuur 3.16. Het gemiddelde doorzicht gemeten met een secchischijf bij de verschillende oeverbeschermingstypen tijdens de waterplanten monitoring (Bron: Hoogheemraadschap Delfland 2020 en 2021).

Stroomsnelheid

De stroomsnelheid 10 en 50 cm onder het wateroppervlak tijdens passage van recreatievaart verschilde significant tussen locaties (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 36,106$; DF = 4; P-waarde < 0,001 en Kruskal-Wallis $\chi^2 = 15,635$; DF = 4; P-waarde < 0,01; respectievelijk). De stroomsnelheid op 10 cm onder het wateroppervlak was significant lager bij de open combiwand, wilgentenen en damwand dan bij de palenrij (Figuur 3.17). Op 50 cm onder het wateroppervlak zijn de verschillen in stroomsnelheid beperkt, maar soms wel statistisch significant (Figuur 3.18).



Figuur 3.17. Boxplot weergave van de stroomsnelheid gemeten 10 cm onder het wateroppervlak bij de verschillende oeverbeschermingstypen (n = 307). Verschillende letters duiden significante verschillen.



Figuur 3.18. Boxplot weergave van de stroomsnelheid gemeten 50 cm onder het wateroppervlak bij de verschillende oeverbeschermingstypen (n = 307). Verschillende letters duiden significante verschillen.

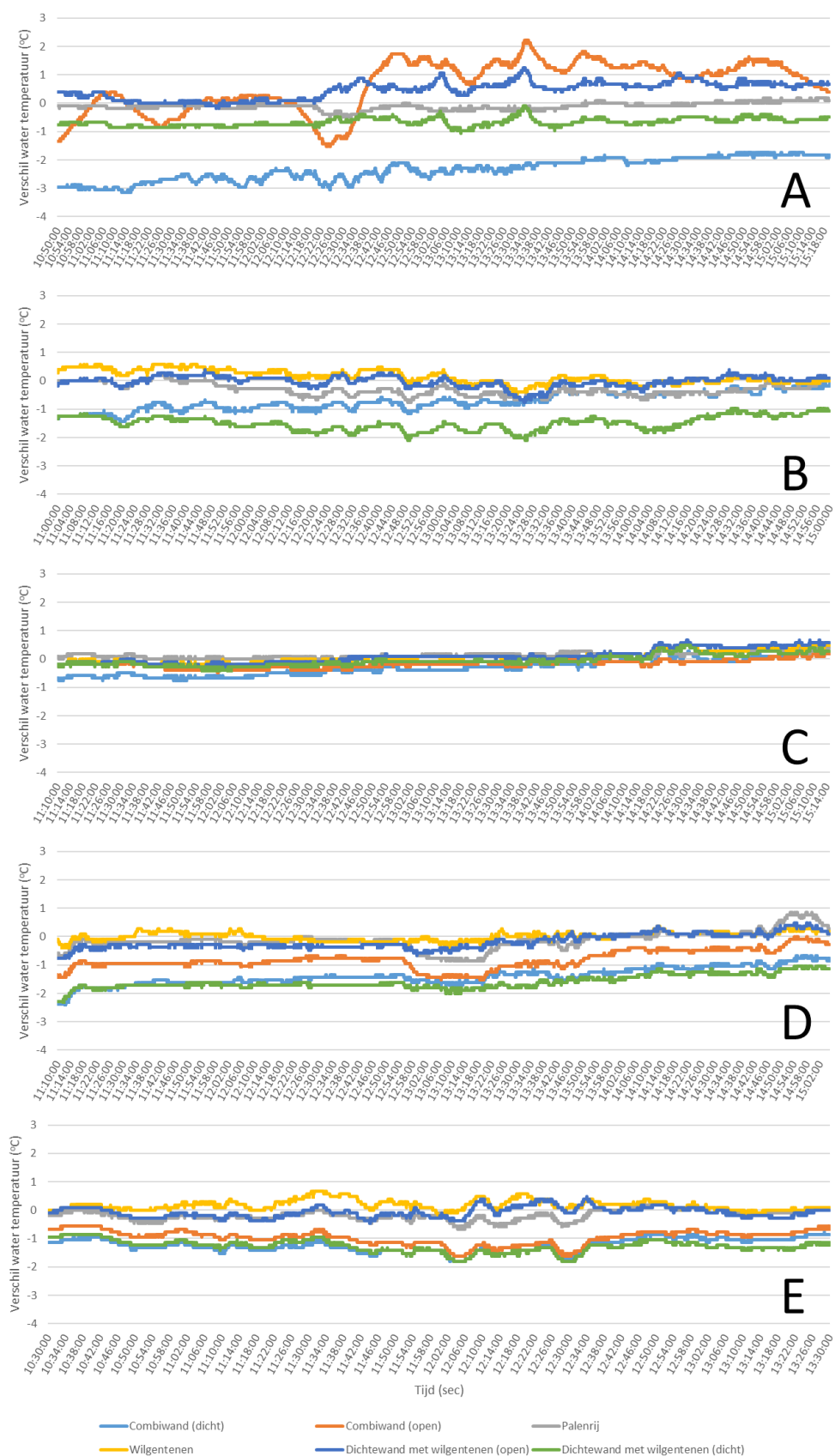
Watertemperatuur

Watertemperatuur achter de dichte combiwand was gedurende alle meetdagen lager dan de locatie zonder oeverbescherming (Tabel 3.4, Figuur 3.19). Een vergelijkbaar effect werd waargenomen bij de dichte damwand met wilgentenen (Tabel 3.4). De watertemperatuur achter de palenrij en achter de wilgentenen verschilde niet van de locatie zonder bescherming of was sommige dagen zelfs hoger (Tabel 3.4).

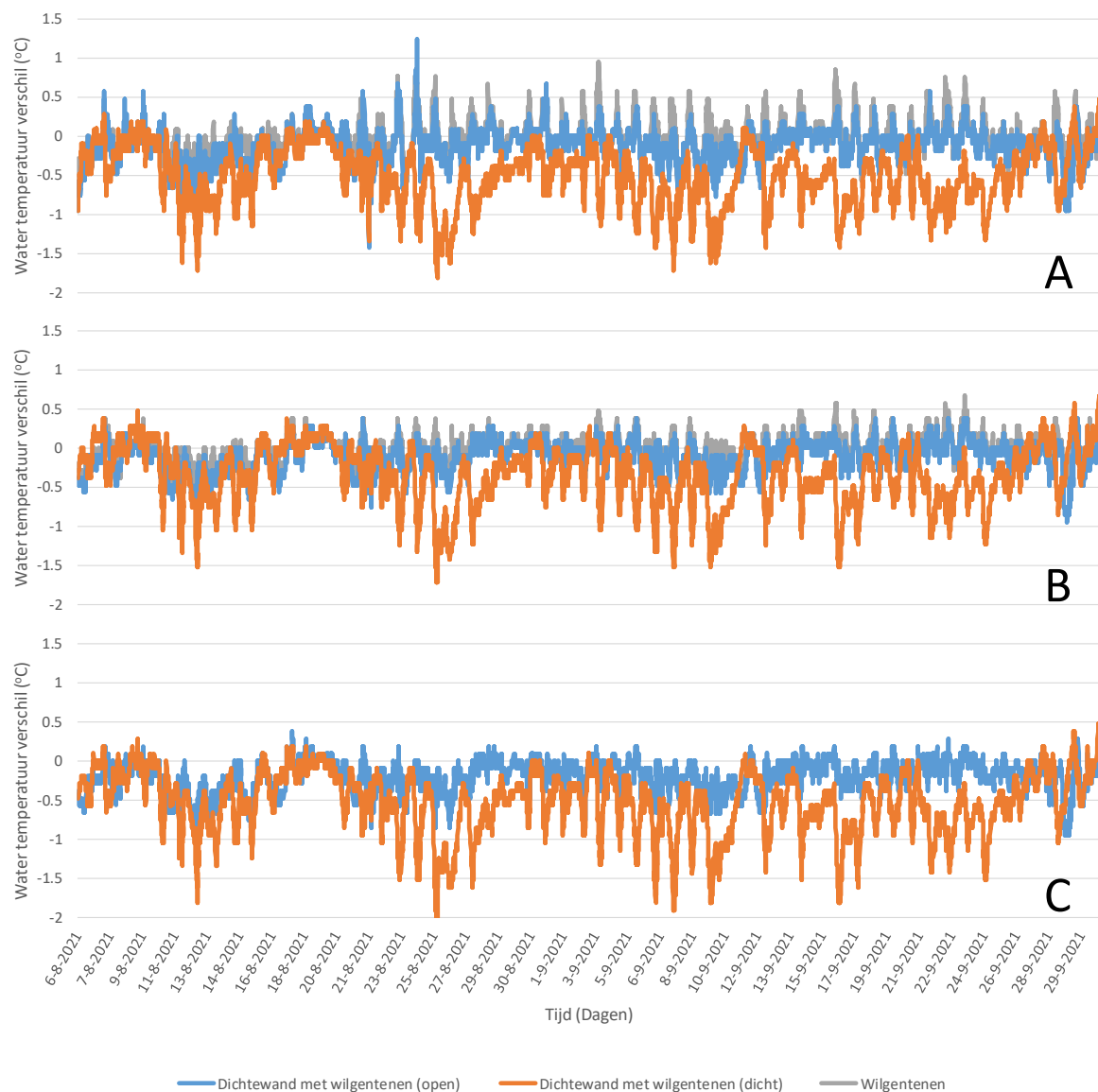
Tabel 3.4. Gecategoriseerde indicatie van het verschil in watertemperatuur achter de verschillende oeverbeschermingstypen ten opzichte van de temperatuur gemeten op de locatie zonder bescherming.

Dag	Verskil ten opzichte van 'Geen bescherming'					
	CW (D)	CW (O)	PR	WT	DWW (D)	DWW (O)
19-7-2021	<	>	=	-	<	>
20-7-2021	<	-	=	=	<	=
23-7-2021	<	=	=	=	=	=
3-8-2021	<	<	=	=	<	=
4-8-2021	<	<	=	=	<	=

Afkortingen: CW (D): Combiwand (dicht); CW (O): Combiwand (open); PR: Palenrij; WT: Wilgentenen; DWW (O): Dichte wand met wilgentenen (open); DWW (D): Dichte wand met wilgentenen (dicht). <: temperatuur lager dan locatie zonder bescherming; >: temperatuur hoger dan locatie zonder bescherming; =: temperatuur vergelijkbaar met de locatie zonder bescherming; -: geen meetgegevens beschikbaar.

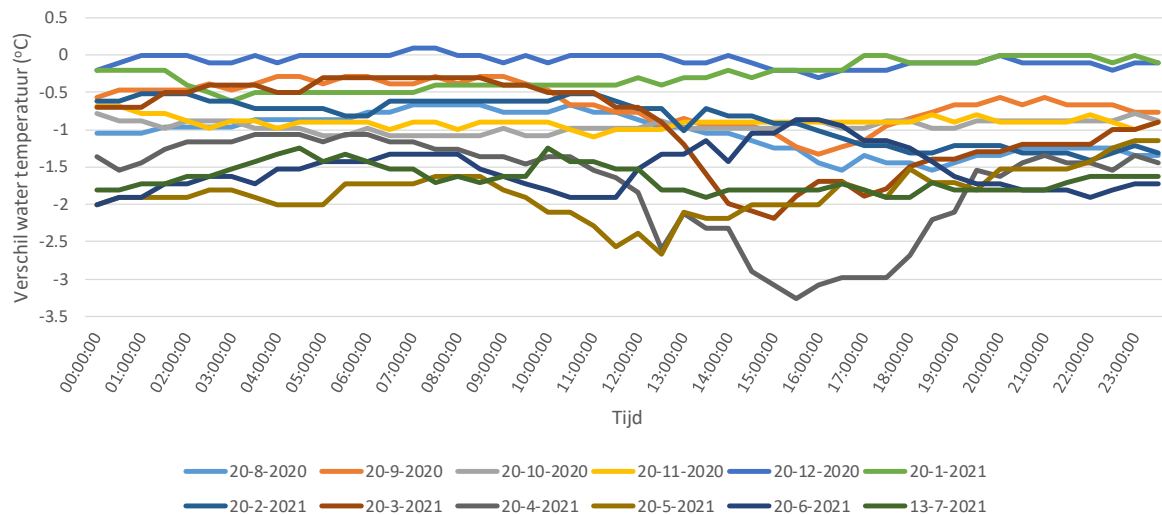


Figuur 3.19. Verschil in watertemperatuur achter de verschillende oeverbeschermingstypen ten opzichte van de temperatuur gemeten op de locatie zonder bescherming op (A) 19 juli 2021, (B) 20 juli 2021, (C) 23 juli 2021, (D) 3 augustus 2021 en (E) 4 augustus 2021.



Figuur 3.20. Verschil in watertemperatuur achter de verschillende oeverbeschermingstypen ten opzichte van de temperatuur gemeten op de locatie zonder bescherming op een diepte van 10 cm (A), 30 cm (B) en 50 cm (C).

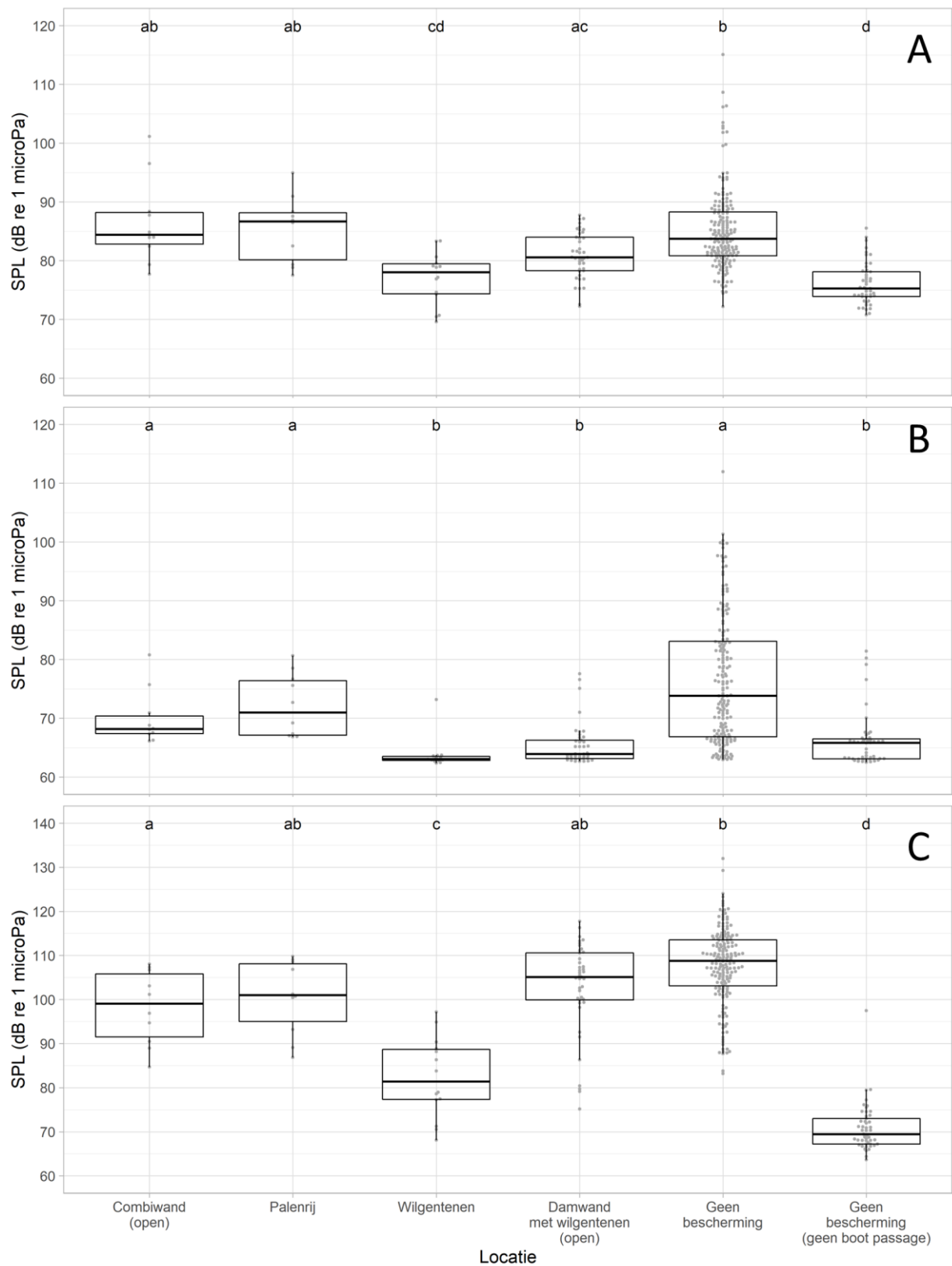
Het waargenomen watertemperatuur verschil tijdens de meetdagen blijkt in het geval van de dichtewand met wilgentenen over de gehele diepte aanwezig te zijn (Figuur 3.20). De watertemperatuur achter de dichte combiwand was gedurende nagenoeg het gehele jaar lager dan op de locatie zonder oeverbescherming (Figuur 3.21). Alleen in de wintermaanden was de temperatuur vergelijkbaar met de referentielocatie zonder oeverbescherming. Gedurende de zomermaanden is de watertemperatuur 1 tot 2 graden lager.



Figuur 3.21. Maandelijks verschil in watertemperatuur achter de dichte combiwand ten opzichte van de locatie zonder oeverbescherming.

Geluidsniveau

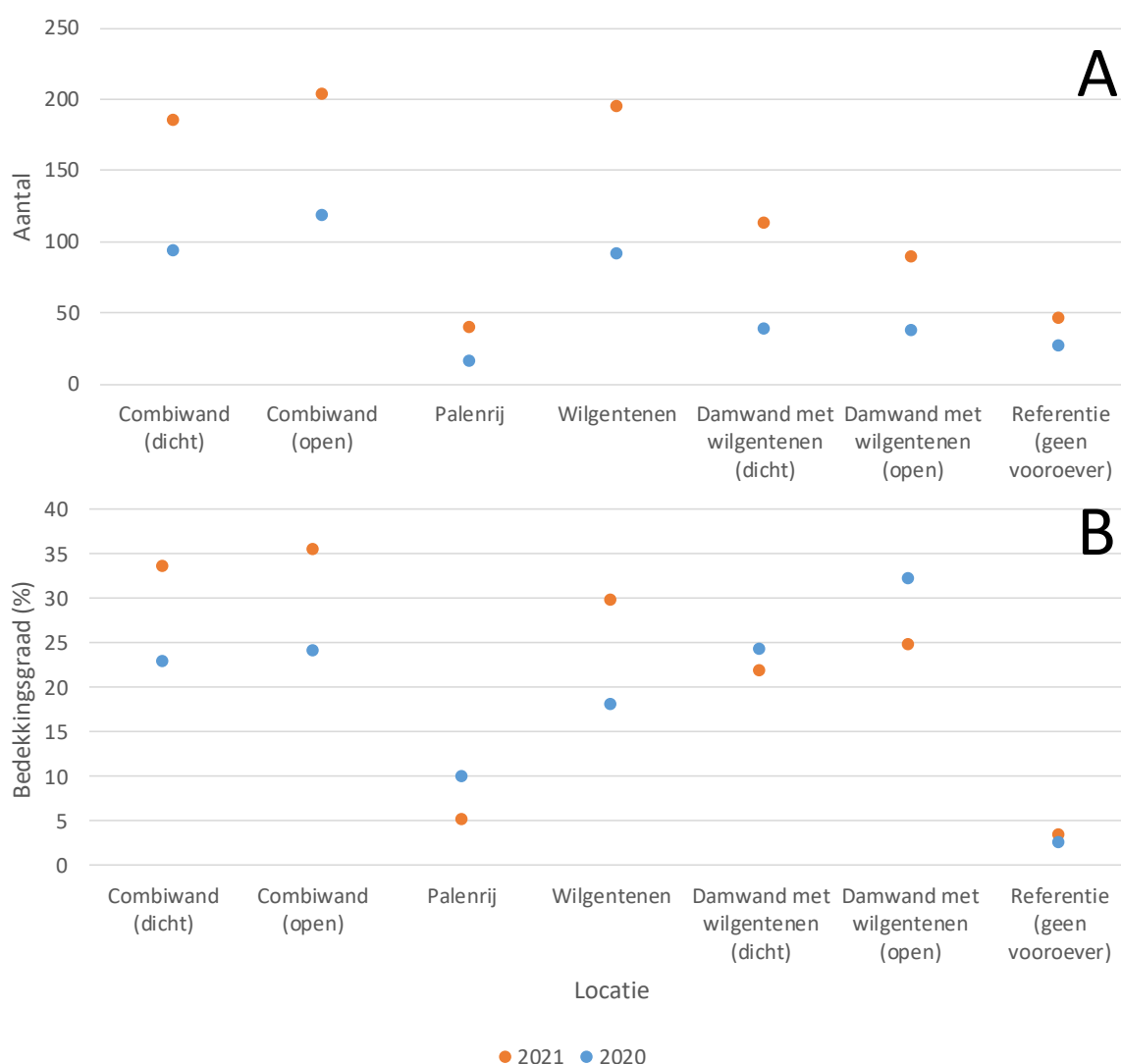
Het absolute geluidsniveau verschilde significant tussen locaties bij 200 Hz (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 100,93$; DF = 5; P-waarde < 0,001), 500 Hz (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 112,68$; DF = 5; P-waarde < 0,001) en 2000 Hz (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 157,17$; DF = 5; P-waarde < 0,001). Het geluidsniveau van een passerende boot op de locatie zonder bescherming was voor alle drie de geluidsfrequenties significant hoger dan wanneer geen boot langskwam (Figuur 3.22). Opvallend was dat in de oeverzone achter de wilgentenen bij alle drie de frequenties het geluidsniveau het laagst was.



Figuur 3.22. Boxplot weergave van het geluidsniveau uitgedrukt in 'sound pressure level' gemeten bij de verschillende oeverbeschermingstypen bij (A) 200 Hz, (B) 500 Hz en (C) 2000 Hz (n = 307). Verschillende letters duiden significante verschillen.

Ontwikkeling waterplanten

De waterplanten aantallen zijn in zowel 2020 als 2021 het hoogst bij de combiwand oeverbeschermingstypen (open en dicht) en bij de wilgentenen (Figuur 3.23A). De laagste aantallen waterplanten zijn waargenomen bij de locatie met geen oeverbescherming en bij de palenrij (Figuur 3.23A; Tabel 3.3). Waterplant aantallen bij de damwand met wilgentenen constructies waren beperkt hoger dan op de locatie met geen bescherming. Qua bedekkingsgraad van waterplanten is er minder variatie tussen oeverbeschermingstypen (Figuur 3.23B). De laagste bedekkingsgraad werd waargenomen bij de palenrij en de locatie met geen oeverbescherming. De andere oeverbeschermingstypen hebben een hogere bedekkingsgraad dan de palenrij en de referentie locatie.

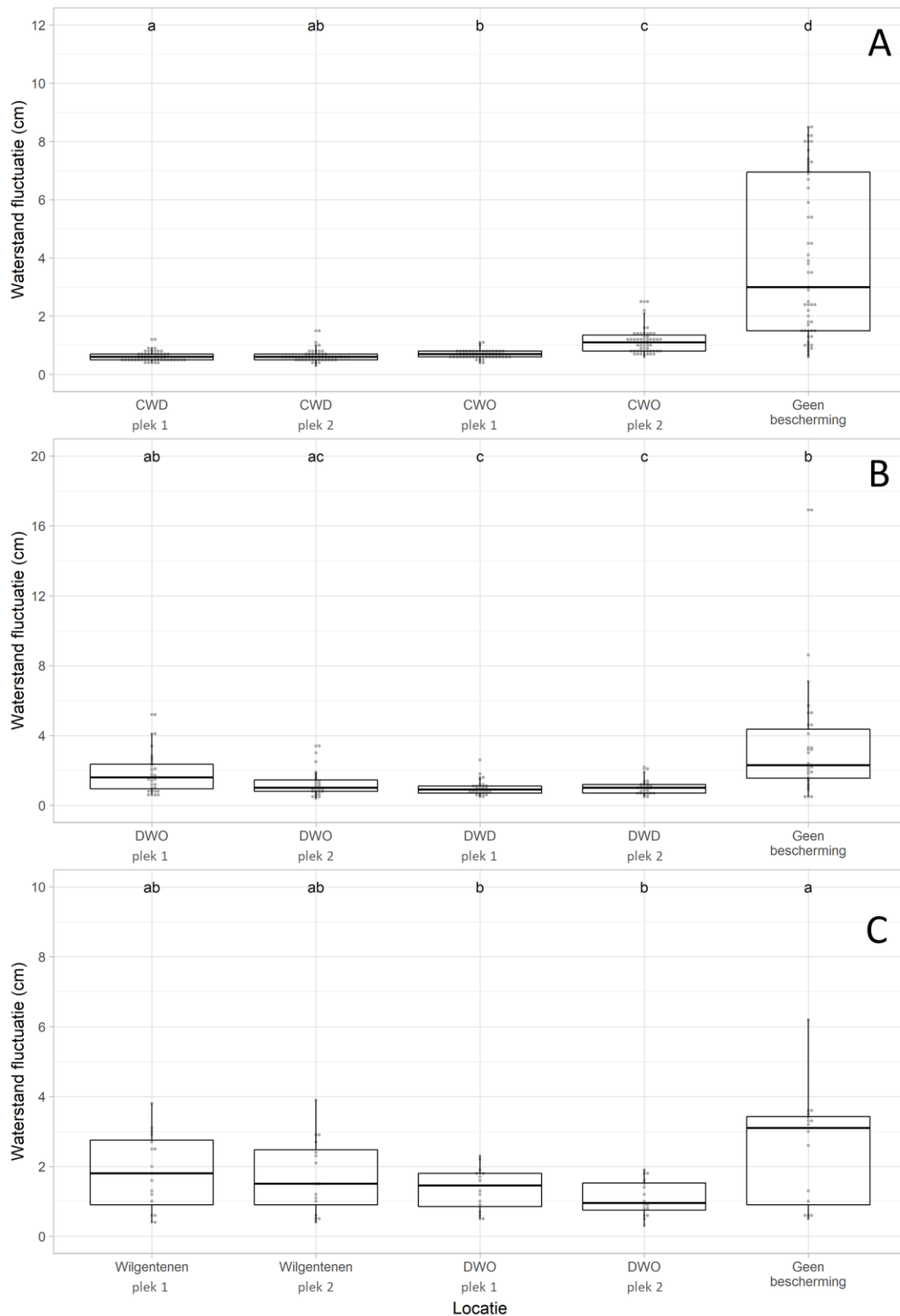


Figuur 3.23. Aantal waargenomen waterplanten (A) en de gemiddelde bedekkingsgraad van waterplanten (B) bij de verschillende oeverbeschermingstypen (Bron: Hoogheemraadschap Delfland 2020, 2021).

3.4 Ruimtelijke variatie effectiviteit oeverbescherming

Waterstand fluctuatie

In 2021 is de ruimtelijke variatie in oeverbescherming effectiviteit bepaald bij 1) de open en dichte combiwand, 2) de open en dichte damwand met wilgentenen en 3) de wilgentenen en open damwand met wilgentenen. De fluctuatie tussen meerdere meetplekken achter de open en dichte damwand verschilde significant ten opzichte van de locatie zonder oeverbescherming (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 169,78$; DF = 4; P-waarde < 0,001). Er was geen verschil in golfslag tussen de twee dichte combiwand meetplekken (Figuur 3.24A). Bij de open combiwand was er sprake van een significant verschil in fluctuatie tussen de twee meetplekken (Figuur 3.24A). Golfslag bij de open en dichte damwand met wilgentenen was significant lager dan op de locatie zonder oeverbescherming (Kruskal-Wallis $\chi^2 = 43,521$; DF = 4; P-waarde < 0,001; Figuur 3.24B). De golfslag op de twee meetplekken per oeverbeschermingstype verschilde niet significant (Figuur 3.24B). De fluctuatie op de verschillende meetplekken achter de wilgentenen en bij de open damwand met wilgentenen verschilde onderling niet significant (Figuur 3.24C). De golfslag op de locatie met geen bescherming verschilde significant van de open damwand met wilgentenen maar niet van de wilgentenen ($\chi^2 = 6,3133$; DF = 4; P-waarde < 0,001; Figuur 3.24C).



Figuur 3.24. Boxplot weergave van de waterstand fluctuatie op meerdere locaties achter een oeverbeschermingstype ten opzichte van een locatie met geen bescherming: (A) open en dichte combiwand ($n = 55$ per oeverbescherming); (B) open en dichte damwand met wilgentenen ($n = 35$ per oeverbescherming) en (C) wilgentenen en open damwand met wilgentenen ($n = 16$ per oeverbescherming). Afkortingen: CWD: Combiwand (dicht); CWO: Combiwand (open); PR: Palenrij; WT: Wilgentenen; DWO: Dichte wand met wilgentenen (open); DWD: Dichte wand met wilgentenen (dicht).

3.5 Kosten baten oeverbeschermingstypen

De meetresultaten laten duidelijk zien dat niet elke oeverbeschermingstype even effectief is in het mitigeren van de effecten van passerende recreatieboten. De meest efficiënte oeverbescherming is de dichte combiwand of damwand met wilgentenen. Open structuren zoals de palenrij functioneren het slechts gevolgd door de wilgentenen. De betreffende oeverbeschermingstypen verschillen echter in prijs per strekkende meter (Tabel 3.5). Wanneer niet alleen de effectiviteit maar ook de prijs wordt meegenomen dan is de dichte combiwand het beste oeverbeschermingstype gevolgd door de open combiwand en de wilgentenen. De dichte combiwand heeft een hoge effectiviteit, hetzelfde is van toepassing op de open combiwand. De wilgentenen worden positief beoordeeld primair omdat ze goedkoop zijn en enige effectiviteit tentoonspreiden. De palenrij is de minst efficiënte oeverbeschermingstype, de prijs per strekkende meter is duur en de effectiviteit is gering.

Tabel 3.5. Kosten-batenanalyse van de verschillende oeverbeschermingstypen.

Oeverbeschermingsvorm	Prijs relatief*	Prijs categorisch	Effectiviteit	Totaal score**
CW (D)	84%	++	++++	6
CW (O)	84%	++	+++	5
PR	100%	+	-	1
WT	48%	++++	+	5
DWW (O)	92%	+	+++	4
DWW (D)	92%	+	+++	4

Afkortingen: CW (D): Combiwand (dicht); CW (O): Combiwand (open); PR: Palenrij; WT: Wilgentenen; DWW (O): Dichte wand met wilgentenen (open); DWW (D): Dichte wand met wilgentenen (dicht). -: niet noemenswaardig; +: duur of geen effectiviteit; ++: minder duur of beperkte effectiviteit; +++: gemiddelde prijs of goede effectiviteit; ++++: lage prijs of zeer goed effectiviteit. *: relatieve prijs per strekkende meter ten opzichte van de duurste oeverbeschermingstype. **: totaal score is de som van de prijs uitgedrukt in categorieën en de effectiviteit. Relatieve prijs is berekend aan de hand van de prijs per strekkende meter verkregen van de opdrachtgever (Faber, 2021).

4. Conclusies

De invloed van recreatievaart op de locatie zonder oeverbescherming hangt met name af van het motortype, de vaarsnelheid en vaarrichting. De verklarende waarde van voorgenoemde factoren is echter zeer beperkt. Er zijn blijkbaar nog andere eigenschappen van de recreatieboten die de variatie in het effect bepalen. Hierbij kan onder andere worden gedacht aan afmetingen en vormgeving van de boot of schroeftype en PK. Opgemerkt dient te worden dat de vaarsnelheid in het gebied vaak wordt overschreden. Handhaven van de vaarsnelheid is dus een relevant maatregel om de negatieve effecten van recreatievaart in het onderzoeksgebied te beperken.

Overeenkomstig met de bevindingen van vorig jaar zijn de combiwand en de damwand met wilgentenen ook in 2021 de meest effectieve oeverbeschermingstypen om de ongewenste effecten van de recreatievaart op de waterkwaliteit en de vegetatie van de oeverzones in de Zweth te verminderen. Het minst efficiënt is de palenrij hetgeen mogelijk kan komen doordat de constructie niet optimaal is aangelegd (persoonlijke mededeling Ernst Raaphorst). Het is wenselijk om de huidige palenrij te verwijderen en dezelfde constructie optimaal opnieuw aan te leggen zodat het functioneren van een optimaal gebouwde palenrij kan worden onderzocht.

Het geluidsniveau achter open constructies (of constructies met openingen) wordt maar beperkt gemitigeerd. Interessant is het lagere gemeten geluidsniveau achter de wilgentenen. Het is wenselijk om additionele geluidsmetingen te verrichten achter de dichte combiwand en damwand omdat hier nog geen metingen hebben plaatsgevonden. De oeverbescherming zorgt naast het beperken van de directe invloed van recreatievaart (geluid en golfslag) ook voor een verandering in temperatuur, relatieve lichtintensiteit en doorzicht. Relatieve lichtintensiteit en doorzicht zijn hoger achter de combiwand en de damwand met wilgentenen ten opzichte van de locatie zonder bescherming. De temperatuur achter de combiwand en dichte wand was daarnaast gedurende alle meetdagen lager dan bij de locatie zonder bescherming. Het verschil in temperatuur is daarnaast aanwezig op meerdere dieptes. Wanneer naar het afgelopen jaar wordt gekeken dan is de temperatuur het gehele jaar lager achter de combiwand dan op de locatie zonder bescherming. Het verschil in water temperatuur wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de aanwezigheid van riet direct langs de oever resulterend in schaduw in de oeverzone. Door het wegvallen van de invloed van recreatievaart mengt het betreffende water niet met het water van de Zweth dat niet volledig beschaduwd is. Hierdoor is de temperatuur in de oeverzone koeler. Dit is positief voor veel inheemse soorten die vaak nadelige effecten ondervinden van de toenemende watertemperatuur.

Wanneer de kosten per strekkende meter in ogenschouw worden genomen dan is de dichte combiwand de meest kosteneffectieve oeverbeschermingstype. Tevens zijn de wilgentenen interessant gezien de relatief lage kosten van aanleg. Een aandachtspunt is het dichtgroeien van de ruimte tussen de oever en de oeverbescherming. Dit is specifiek van toepassing op de huidige onderzoekslocatie omdat daar grote rietvelden aanwezig zijn. Mogelijk dat dit probleem op andere locaties geringer is.

Gebaseerd op de huidige resultaten kunnen de volgende aanbevelingen voor additioneel onderzoek worden gedaan:

- 1) Effect van stagnatie van het water achter de dichte combiwand en damwand met wilgentenen onderzoeken dit geeft ook inzicht in het effect van de openingen in de oeverbeschermingstypen. Stagnatie kan een effect hebben op de zuurstofconcentratie, meten van de zuurstofconcentratie is dan ook wenselijk.
- 2) Additionele metingen van onderwatergeluid uitvoeren bij de dichte combiwand en damwand.
- 3) Uitgebreide monitoring van niet alleen waterplanten maar ook van vis en macrofauna.
- 4) Herevaluatie van de waterplantenexperimenten, veel kooien waren beschadigd en stonden er niet optimaal bij.
- 5) Monitoring van het dichtslibben en dichtgroeien van de oeverzone.
- 6) Eventuele vervanging van enkele oeverbeschermingstypen (bijvoorbeeld de dichte wand met wilgentenen of combiwand verwijderen; de huidige palenrij kan ook verwijderd worden en opnieuw worden aangelegd vanwege foutieve constructie).

5. Dankwoord

Dank gaat uit naar Natasha Flores (RU) en Stephanie Oswald (RU) voor de assistentie tijdens veldwerkzaamheden. Vanuit het Hoogheemraadschap van Delfland is het onderzoek begeleid door M. Faber (Team Ruimtelijke Planvorming). Wij bedanken haar voor de prettige begeleiding van dit onderzoek.

6. Literatuur

- Collas, F.P.L. (2020). Effectiviteit oeverbescherming Zweth. Reeks Verslagen Dierecologie en Fysiologie 2020-6, Radboud Universiteit, Nijmegen, Nederland, pp 33.
- Faber, M. (2020). Projectplan oeverbescherming Woudse Polder. Hoogheemraadschap Delfland, Delft, Nederland, pp 8.
- Hoogheemraadschap Delfland (2020). Gegevens monitoring ondergedoken waterplanten proefvlakken oeverbescherming Zweth.
- Hoogheemraadschap Delfland (2021). Gegevens monitoring ondergedoken waterplanten proefvlakken oeverbescherming Zweth.
- R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. URL: <https://www.r-project.org/>

7. Brondata

Alle gebruikte gegevens en bijbehorende analyses zijn in één folder overzichtelijk bij elkaar gezet. De betreffende folder heeft de naam 'Ruwe_data_analyse_oeverbescherming_2021' en is in het bezit van de auteur en de opdrachtgever. De gegevens verzameld in 2020 zijn bij elkaar gezet in de folder 'Ruwe_data_analyse_oeverbescherming_2020' en is tevens in het bezit van de auteur en de opdrachtgever.