

# Effecten van maaien en baggeren op KRW macrofauna deelmaatlaten, en effecten van maaien op veld parameters.

Caspar A. Hallmann , Carlo Rutjes, Luuk van Gerven, Bart Brugmans

July 14, 2023

## Achtergrond

In het kader van KRW, ontstaat de wens om inzichten te verkrijgen in de trends van fysisch-chemische parameters, alsook inzichten in de effectiviteit van het waterbeheer. Het waterschap Aa en Maas beschikt over een uitgebreide database over fysisch-chemische en biologische gegevens (macrofauna, vissen, diatomeeën) die het mogelijk maken om de effectiviteit van beheersmaatregelen in kaart te brengen. In reeds uitgebrachte analyses in 2021-2022 zijn de effecten van beheersmaatregelen op, alsook trends van, macrofauna en fysische-chemische parameters geanalyseerd. In de huidige notitie wordt een nadere analyse uitgevoerd onder een tweedelig projectvoorstel.

**Project 1: Effecten van maaien en baggeren op de macrofauna-deelmaatlaten volgens de KRW.** In de trendanalyse, die is uitgevoerd in 2021-2022, is een uitgebreide analyse uitgevoerd waarbij effecten van beheersmaatregelen op onder andere macrofauna groepen is bepaald. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar de verschillende deelmaatlaten voor macrofauna, wat wel wenselijk en ook mogelijk is. Hier worden de bovengenoemde analyses herhaald met krw-deelmaatlaten als respons variabelen. De deelmaatlaten betreffen de "Negatief dominant", "Positief dominant", "kenmerkend", "soortenrijkdom", "Aandeel abundantie kenmerkende", en als laatste de "ekr-score".

**Project 2: Effecten van maaien op de fysisch-chemische parameters (nutriënten, chloride en veldparameters).** In de trendanalyse, die is uitgevoerd in 2021 en 2022, is een uitgebreide analyse uitgevoerd naar de langjarige trends van fysisch-chemische parameters en de invloed van verschillende omgevingsvariabelen daarop. Het maaionderhoud is één van de omgevingsvariabelen waarin nog weinig inzicht is. In de aanbevelingen

van de eerder uitgevoerde trendanalyse is aangegeven dat de data hiervoor geschikt en/of beschikbaar zijn. In de voorgestelde analyse wordt het effect van maaien inzichtelijk wordt gemaakt voor de volgende parameters: P-totaal, N-totaal, ammonium, chloride, temperatuur, zuurgraad, zuurstof, doorzicht, zink en koper.

## Methodes

Deelmaatlaten van macrofauna zijn per monster bepaald. Hiervoor is gebruik gemaakt van het R-package *krw* (van Tent, 2022). Vervolgens zijn koppelingen in tijd en ruimte tussen individuele macrofauna monsters en maai-incidenten gebruikt, om zo de effecten van maaien op *krw* deelmaatlaten te bepalen. De methodiek van analyses staat beschreven in (Hallmann et al., 2021). Voor elk van de afhankelijke variabelen (*krw*-deelmaatlaten, en FC parameters) wordt gekeken of er een tijdelijk dan wel permanent effect optreedt als gevolg van een beheersincident (in dit geval maaien en baggeren). Het kwantificeren van zo'n effect berust op het verschil in de afhankelijke variabele vóór en ná een incident, alsook het verschil tussen gebieden waar wel of niet een incident heeft plaatsgevonden. Met een permanent effect wordt bedoeld dat er een structureel verschil aanwezig is tussen locaties waarbij er wel of geen beheer-incident plaats vindt, maar niet voor en/na een bepaald incident. Met een tijdelijk effect, wordt juist omgekeerd bedoeld dat er een effect optreedt die van een bepaalde (korte) tijdsduur is, zodat de effecten voor en na een incident kwantificeerbaar zijn. In de analyse wordt verder rekening gehouden met de het tijdsverschil tussen incident en macrofauna monsteropname, alsook seizoen en jaar effecten, en ook *krw*-watertype.

Verder wordt er bij het analyseren van de effecten van maaien onderscheid gemaakt tussen verschillende maai typen: enkel bodem, bodem plus 1 talud, en volledig profiel, alsook maai pakket: ruim, basis en krap.

Verschillende model-formuleringen (bv permanent effect versus een tijdelijk effect van maaien, of versus geen effect) worden onderling vergeleken met behulp van AIC waarden (Akaike Information Criterion). Hierbij wordt een model met de laagste AIC waarde als meest "pasimonious" beschouwd, i.a.w het model met een beste balans tussen aantal parameters en model-waarschijnlijkheid.

In totaal bedraagt het bestand 1611 waarnemingen voor het berekenen van de effecten van baggeren op macrofauna, en 990 waarnemingen voor het berekenen van de effecten van type maaien. Een overzicht van aantal waarnemingen voor elke FC-parameter in relatie tot maaien wordt gegeven in Tabel 1

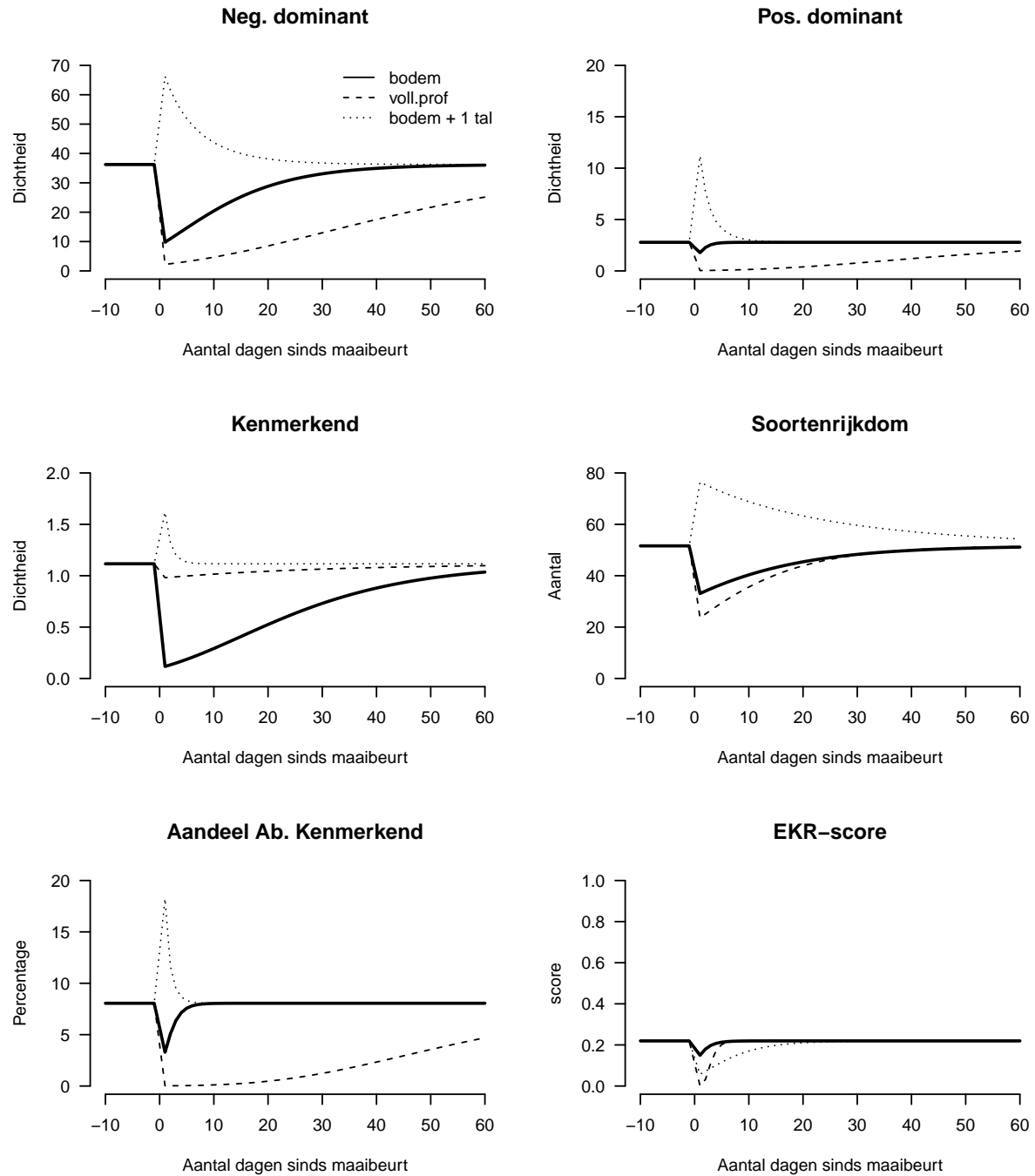
*i*

**Tabel 1.** Steekproefgrootte voor verschillende FC parameters in relatie tot maaien.

	M-typen	R-typen
ammonium	1863	2116
chloride	1705	1938
Doorzicht	1315	1234
fosfor totaal	1739	2000
koper	678	897
nikkel	79	97
stikstof totaal	1789	2008
Temperatuur	1793	2077
zink	828	1040
Zuurgraad	1879	2191

## Maaien en effecten op deelmaatlaten Macrofauna

Voor alle deelmaatlaten, en ook de resulterende ekr-score, is een afname van elke parameter geconstateerd als gevolg van maaien, gevolgd door een herstel periode van ongeveer 30 dagen voor negatief-dominante soorten en soortenrijkdom, tot wel 60 dagen voor Positief-dominant, kenmerkend en aandeel abundantie van kenmerkende soorten. Omdat de deelmaatlat negatief-dominante soortent en de overige deelmaatlaten een tegenovergestelde invloed hebben op de ekr score, heffen ze elkaar op en is het effect op de ekr-score uiteindelijk vrij gering. De herstel periode van de ekr-score bedraagt dat ook gemiddeld maar enkele dagen (Figuur 1).



**Figuur 1.** Effecten van maaien op KRW deelmaatlaten

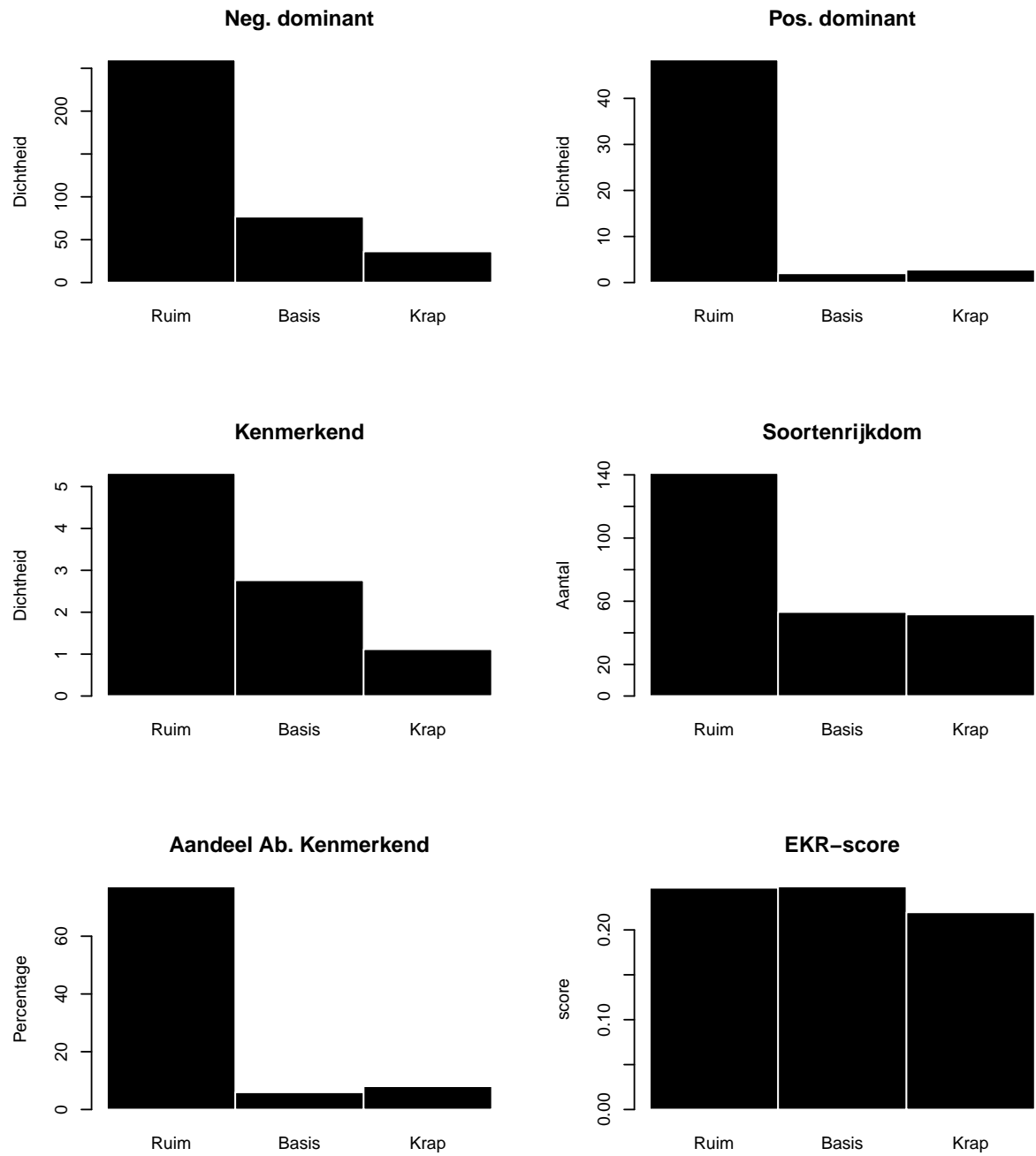
**Tabel 2.** Model schattingen van het effect van maaien op verschillende krw-deelmaatlaten, met bijbehorende standardfout, t-waarde en significantie, uitgespitst naar type maaien.

	Respons	type	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Neg. dominant		bodem	-1.394	0.161	-8.648	0.000
		bodem + 1 tal	0.573	0.116	4.931	0.000
		volledig prof.	-4.570	1.274	-3.586	0.000
Pos. dominant		bodem	-99.482	24.849	-4.003	0.000
		bodem + 1 tal	1.705	0.152	11.222	0.000
		volledig prof.	-225.912	64.080	-3.525	0.000
Kenmerkend		bodem	-2.516	0.647	-3.888	0.000
		bodem + 1 tal	0.887	0.627	1.416	0.157
		volledig prof.	-4.1e7	1.28e8	-0.317	0.751
Soortenrijkdom		bodem	-0.461	0.079	-5.869	0.000
		bodem + 1 tal	0.439	0.084	5.248	0.000
		volledig prof.	-0.509	0.112	-4.533	0.000
Aandeel Ab. Kenmerkend		bodem	-0.778	0.313	-2.486	0.013
		bodem + 1 tal	0.297	0.062	4.804	0.000
		volledig prof.	-28.969	22.754	-1.273	0.203
EKR-score		bodem	-0.856	0.892	-0.959	0.338
		bodem + 1 tal	-2.623	1.321	-1.986	0.047
		volledig prof.	-0.967	1.101	-0.878	0.380

De drie typen maaien (bodem, volledig profiel, en bodem plus een talud) hadden een ander effect op de grootte van het effect op macrofauna deelmaatlaten alsook de geschatte herstel periode. Over het algemeen is het effect van type maaien bodem-plus-een-talud altijd positief (verhoging van de deelmaatlat waardes) terwijl voor de andere twee typen maaien is het effect juist negatief. Het volledig-profiel maaien heeft een groter negatief effect op de deelmaatlaten dan enkel de bodem maaien, met uitzondering van abundantie van kenmerkende soorten (Figuur 1).

Ook het type maaipakket lijkt een invloed te hebben op de abundantie van macrofauna (Figuur 2). Abundantie van de deelmaatlaten negatief dominant en kenmerkende soorten zijn lager in wateren met maaipakket krap dan maaipakket basis, en juist andersom voor het aandeel positief dominant en van kenmerkende soorten. Daarbij moet gezegd worden dan er enkel 4 monsters onder pakket ruim in de data aanwezig zijn, waardoor de verschillen ten opzichte van basis en krap erg onzeker zijn, en worden dus ook niet verder besproken. Al met al lijkt dan de ekr score lager uit te vallen onder krap dan basis, al is het verschil

maar gering.



**Figuur 2.** Geschatte gemiddelde waarden van KRW deelmaatlaten, uit-gesplitst naar type maai pakket.

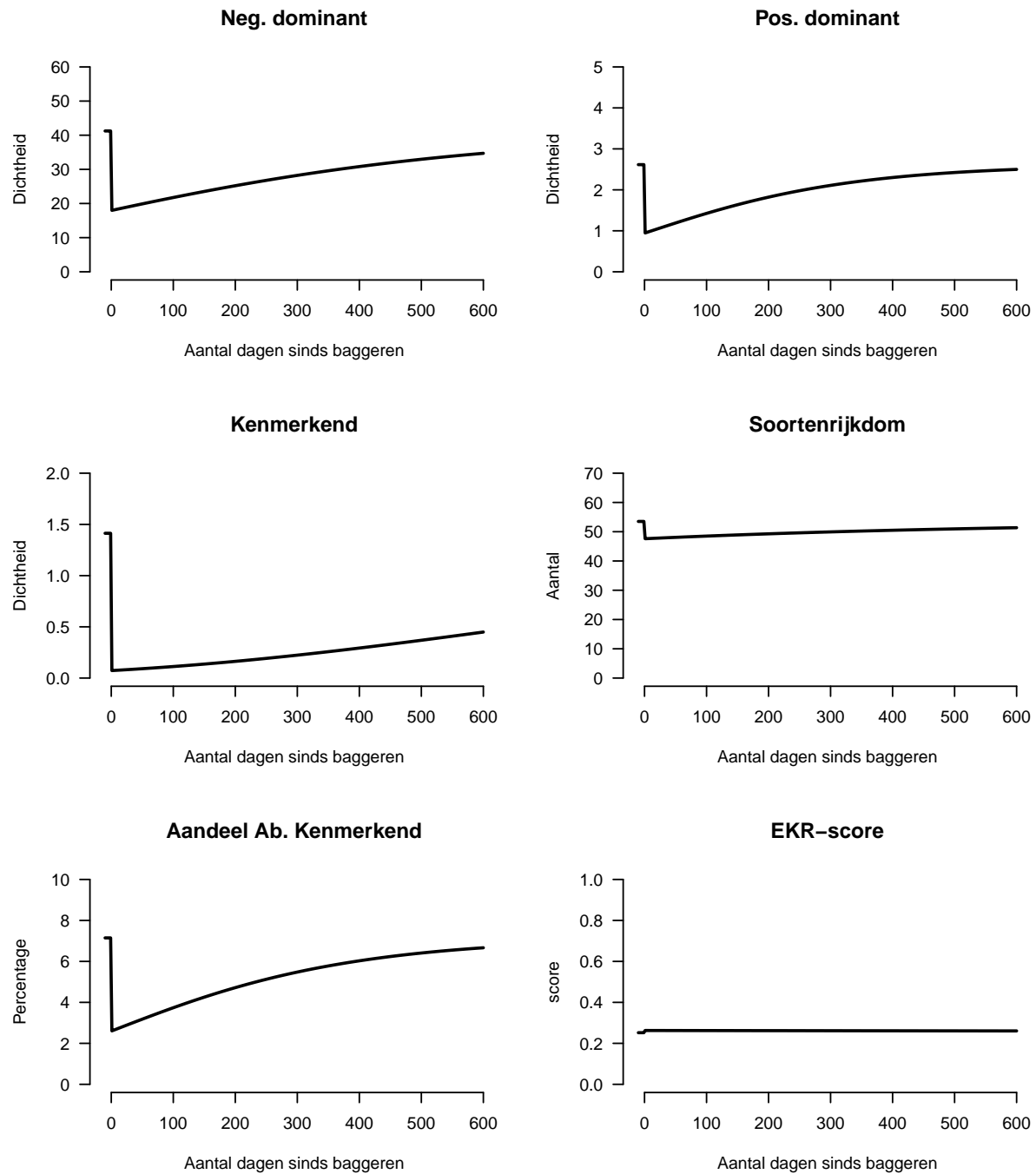
## Baggeren en effecten op deelmaatlaten Macrofauna

Voor alle krw deelmaatlaten, zijn er significant negatieve effecten van baggeren gevonden, maar dit uit zich niet in de EKR-score (Tabel 3, Figuur 3). De herstel periodes van de deelmaatlaten tot de waarde voor een bagger incident (met uitzondering van de ekr-score), bedragen ongeveer twee jaar.

**Tabel 3.** Model schattingen van het effect van baggeren op verschillende krw-deelmaatlaten, met bijbehorende standardfout, t-waarde en significantie.

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Neg. dominant	-0.832	0.113	-7.347	0.000
Pos. dominant	-1.020	0.202	-5.059	0.000
Kenmerkend	-2.966	0.913	-3.247	0.001
Soortenrijkdom	-0.117	0.048	-2.447	0.014
Aandeel Ab. Kenmerkend	-1.012	0.130	-7.781	0.000
EKR-score	0.056	0.082	0.679	0.497





**Figuur 3.** Effecten van baggeren op KRW deelmaatlaten.

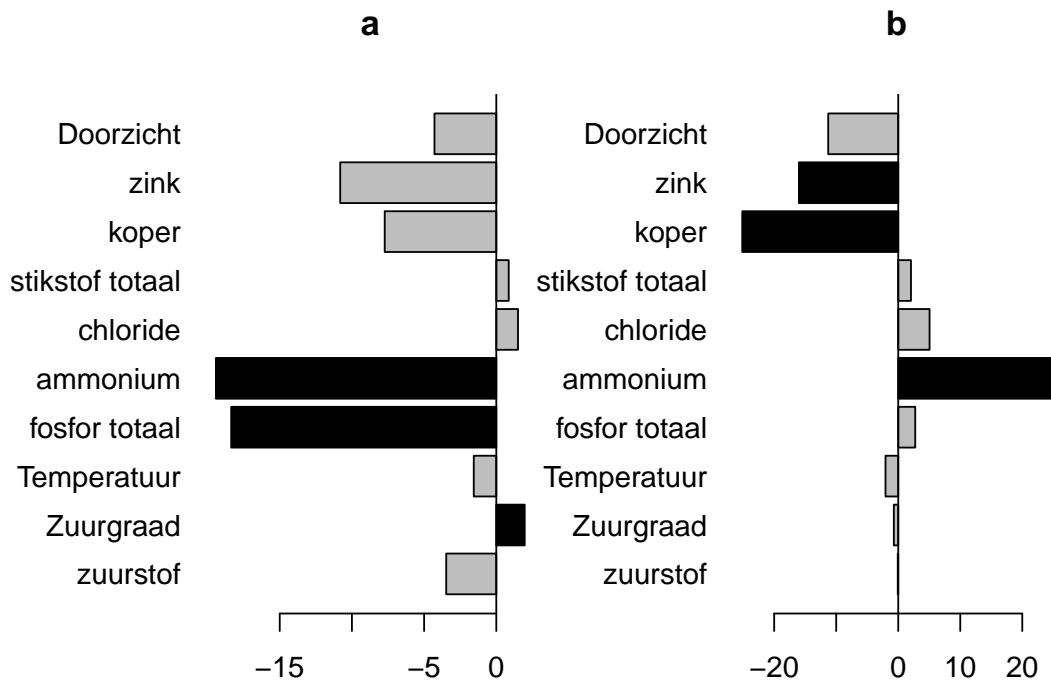
## Maaien en effecten op FC veldparameters

Voor de helft van de F/C parameters, hebben modellen zonder een effect van maaien in M-krw water typen een betere fit dan modellen met een tijdelijk (3) dan wel permanent (2) effect (Tabel 4). In R-type krw wateren geven modellen met een tijdelijk(4) dan wel een permanent (4) effect van maaien een betere fit dan modellen zonder een effect (2). Echter, effecten van maaien in modellen met een tijdelijk effect, zijn vaak niet significant, en geven onrealistische herstelperiodes aan van meerdere jaren (Bijlage A). Gezien de frequentie van maaien veel vaker optreedt, duiden deze resultaten eerder op een permanent effect door maaien dan een tijdelijk. Ook suggereert dit mogelijk dat tijdelijke effecten niet goed te modelleren zijn in deze dataset. De geschatte permanente effecten per parameter zijn uitgezet in figuur 4. Onder M-watertypen lijkt er een significant afname in ammonium en fosfor totaal, terwijl, juist een significant toename in zuurgraad. In R typen, neemt ammonium juist weer significant toe als gevolg van maaien, terwijl koper er zink afnemen. Indien men ook type maaien (bodem, bodem + 1 talud, en volledig profiel) betreft (5), zijn de resultaten zeer variabel, en tonen ze geen eenduidig effect. Wel kan gezegd worden dat significante effecten vaker optreden in R water typen.

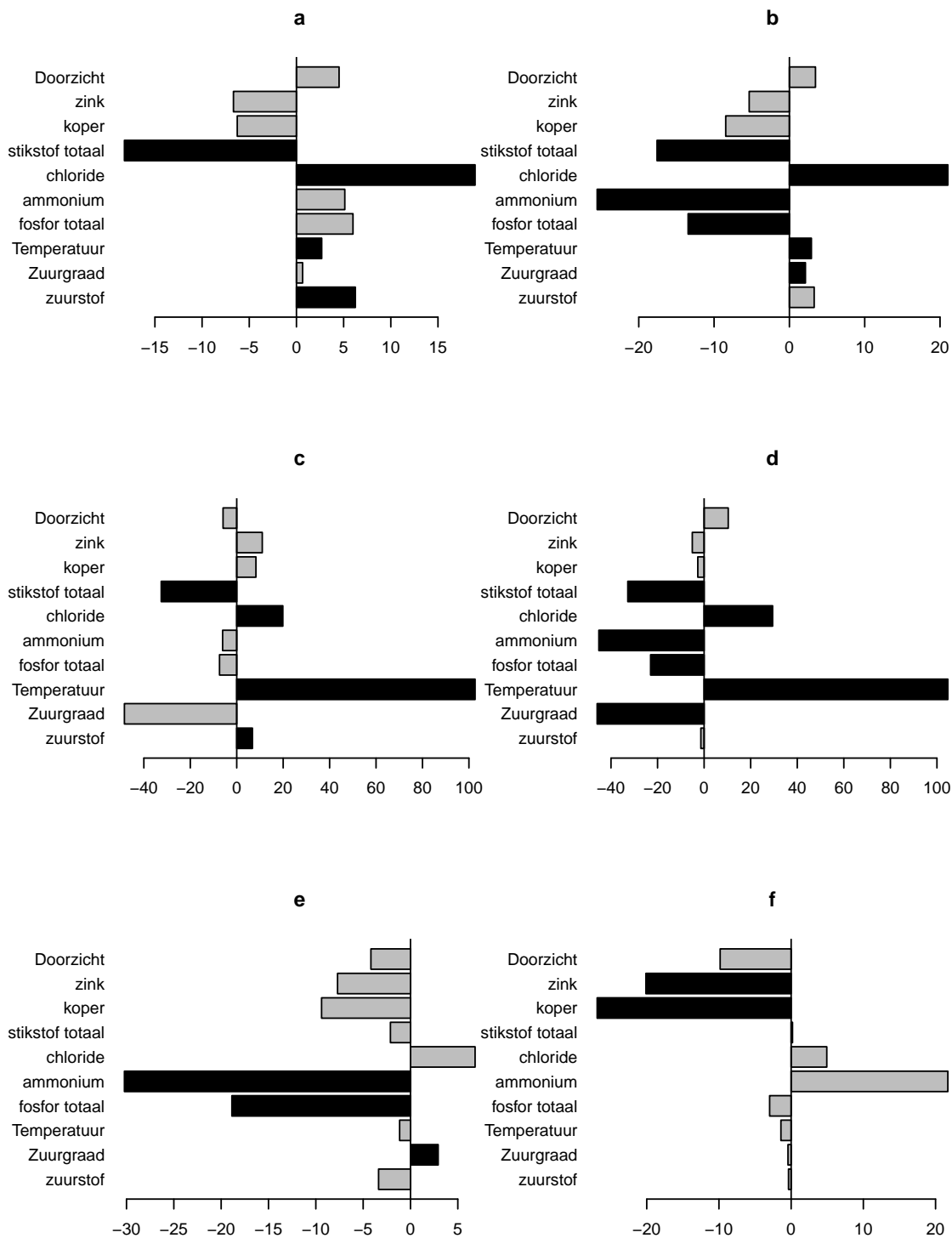
Maai frequentie (ruim vs basis vs krap, figuur 6) lijkt geen grote of consistente verschillen te leveren alhoewel in ammonium en fosfor totaal anders lijken te reageren in M-wateren waarbij een ruim maai beleid is uitgevoerd. In R water typen zijn geen grote verschillen te onderscheiden.

**Tabel 4.** AIC waarden van drie verschillende modellen van effect van maaien op veldparameter waardes, in verschillende krw watertypen (M en R). Het model met de laagste waarde heeft de beste fit.

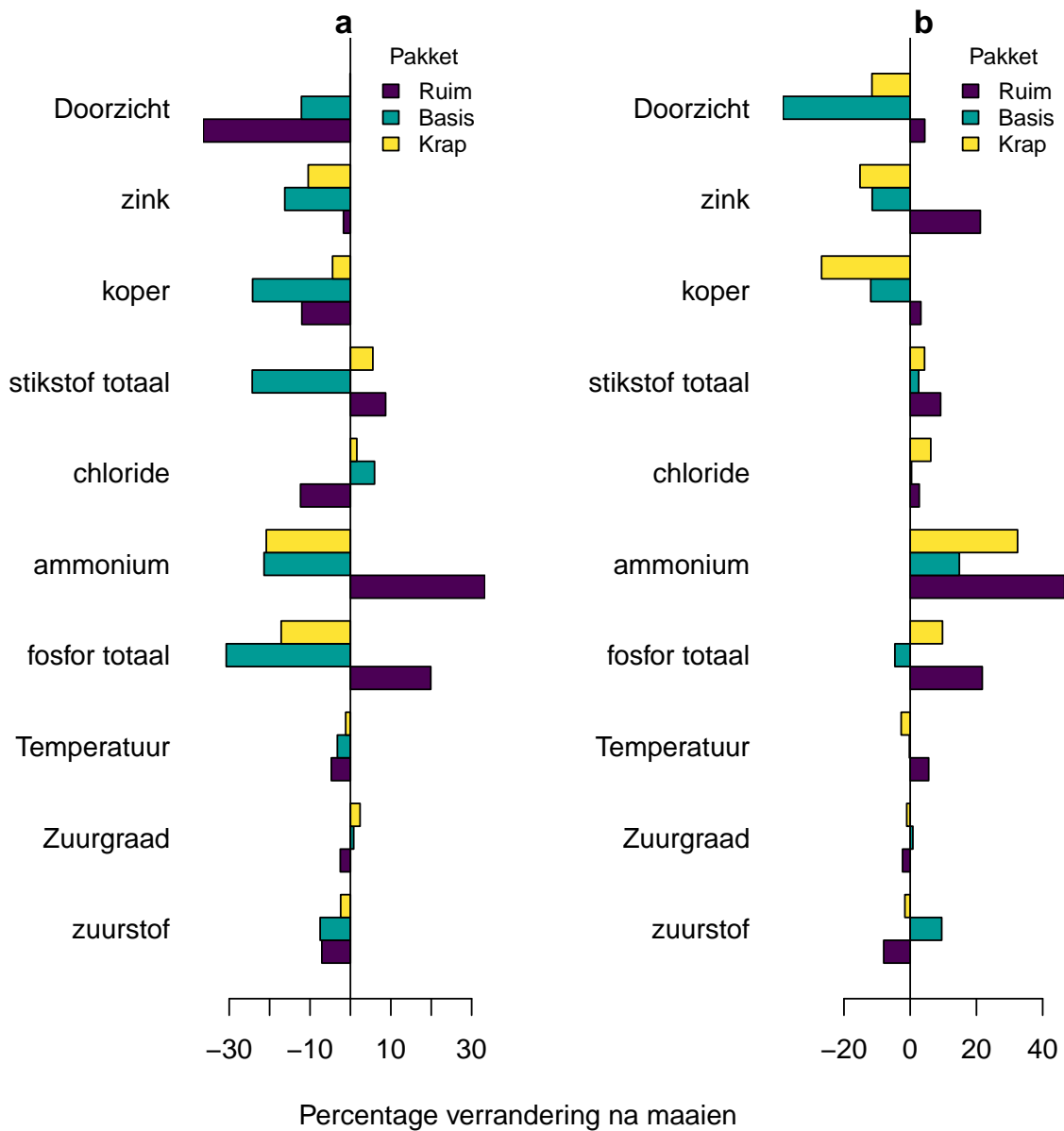
KRW-type	Veldparameter	Geen effect	Permanent effect	Tijdelijk effect
M	zuurstof	<b>771.7</b>	774.2	773.3
	Zuurgraad	1748.1	1734	<b>1730.6</b>
	Temperatuur	<b>7942</b>	7942.6	7943.2
	fosfor totaal	3261.6	<b>3253.2</b>	3257.3
	ammonium	4907.9	<b>4901.7</b>	4903.8
	chloride	<b>604.7</b>	606.6	605.9
	stikstof totaal	2192.8	2194.6	<b>2190.9</b>
	koper	<b>924.6</b>	926.5	926.3
	zink	1795.3	1795.6	<b>1790.8</b>
	Doorzicht	<b>1247.6</b>	1249.1	1249.2
	R	zuurstof	1153	1154.8
Zuurgraad		980	980.2	<b>979.6</b>
Temperatuur		9064.1	9063.8	<b>9062.8</b>
fosfor totaal		<b>3499.6</b>	3501.6	3500.8
ammonium		6023	<b>6020.6</b>	6020.9
chloride		982.4	<b>982.3</b>	983.1
stikstof totaal		3063.2	3064.8	<b>3057.1</b>
koper		1054.3	<b>1028.7</b>	1037
zink		1679.1	<b>1671.5</b>	1676.8
Doorzicht		<b>924.8</b>	925.4	925.9



**Figuur 4.** Gemiddeld permanent effect van maaien op enkele veld parameters voor M-typen (a) en R-typen (b) KRW waterlichamen. Grijs balk = niet significant effect, zwarte balk = wel significant effect ( $p < 0,05$ ).



**Figuur 5.** Gemiddeld permanent effect van maaien op enkele veld parameters voor M-typen (a,c,e) en R-typen (b,d,f) KRW waterlichamen per type maaien (a,b: bod + 1 talud; c,d: bodem; e,f: volledig profiel).



**Figuur 6.** Gemiddeld permanent effect van maaien op enkele veld parameters voor M-typen (a) en R-typen (b) KRW waterlichamen per maai regime type (ruim, basis krap)

## Discussie en Conclusies

De resultaten van de huidige analyses bieden een extra interpretatie laag aan de eerder gevonden resultaten (Hallmann et al., 2021). Maaien en baggeren hebben hele duidelijke negatieve effecten op de aanwezige macrofaunasoorten. Alleen, zien we dit niet snel terug in de EKR score. Dat is logisch als men bedenkt dat de EKR-methode gebouwd is om algemene toestand en trends weer te geven en niet om maatregel effect relaties bloot te leggen. Op basis van deze studie wordt dan ook sterk afgeraden om EKR scores te gebruiken voor onderzoek naar effecten individuele maatregelen. Het is dus wenselijk om tijdens het interpreteren van reguliere macrofauna monitoring data met behulp van krw methodiek, om de nadruk niet op de ekr-score te leggen, maar op de onderliggende deelmaatlatten of andere vergelijkingsmethodes, zoals verschillende beschikbare indelingen in gildes of habitatvoorkeuren.

Net zoals met de abundantie van macrofauna soortgroepen, lijkt het type maaien bodem-plus-een-talud een andersoortig (positief) effect te hebben op alle deelmaatlatten (dus ook abundantie van negatief dominante soorten). Op zich zelf, suggereert dit dat het ontzien van het maaien van een talud, de voorkeur verdient als manier van maaien. Een positief effect lijkt contra-intuïtief, maar een verklaring kan zijn dat alle nog aanwezige organismen de overblijvende vegetatie als refugium gebruiken. Organismen kunnen zich daarom ophopen in en nabij de overstaande vegetatie na een maaibeurt (met een talud ontzien), met als gevolg een vergroting van soortenrijkdom en abundantie van macrofauna in de monsters. Dit zou betekenen dat er in de praktijk macrofaunasoorten nog steeds een negatieve respons tonen met dit type maaien. Ook zou men kunnen veronderstellen dat het laten staan van een talud tijdens het maaien van de watergangen belangrijke uitwijkmogelijkheden bieden voor macrofauna (en andere soorten), dat vervolgens de her-kolonisatie van watergangen kan bevorderen. Verder lijkt een hoge frequentie van maaien (maaipakket krap) een nadeliger effect te hebben op de uiteindelijke ekr-score, en sommige van de deelmaatlatten. Voor de soortgroep vissen is bekend dat zij actief overgebleven structuren opzoeken en daar clusteren. De laatste jaren experimenteren waterschappen met andere vormen van maaien als KRW maatregel. Het verlagen van de frequentie, laten staan van vegetatie, gedifferentieerd maaien hebben allemaal een verondersteld positief effect. Langdurige positieve effecten van 'ecologischer' maaien zijn echter lastig onderzoekbaar. Met de bestaande dataset kunnen weliswaar verschillen tussen maaimethoden en voor en na maaien gezien worden, maar of daarmee een andere soortensamenstelling bereikt wordt en het terugkrijgen van soorten die verdwenen zijn daardoor mogelijk is, vraagt om een ander type monitoring. De levensgemeenschap die in de gemiddelde watergang gevonden wordt, is gevormd door een jarenlang regime van de gebruikte onderhoudsmethode en frequentie. Soorten die daardoor verdwenen zijn, maar zich nu zouden moeten kunnen vestigen,

zijn niet per se in staat om dat snel te doen. Ook beschikbaarheid van essentiële zaken als waardplanten, beekbegeleidende vegetatie worden niet per se beïnvloed door andere maaipakketten. Immers, het is ook niet vanzelfsprekend dat plantensoorten die verdwenen zijn onder bestaande maai- en onderhoudsregimes, gemakkelijk terugkeren na veranderen van het maairegime. Daarvoor zijn wellicht andere maatregelen nodig. Wat wel nodig is voor goede dispersie en dispersieproblemen die organismen ervaren is nog een relatief onbekend aandachtsveld. Fysisch/chemische parameters werden nagenoeg niet significant beïnvloed als gevolg van maaien in M-watertypen, maar wel in R-watertypen. Voor sommige van de veldparameters kan het zijn dat mogelijke effecten van maaien in de eerste dagen tot weken na het maaien plaats vinden, en dat deze gemist worden bij de reguliere monitoring. Dergelijke effecten (zuurstofdips) zijn ook bekend van praktijkproeven. Opvallend is dan ook het verlagen van ammonium en fosfor totaal in M-watertypen, en niet in R wateren, wat wellicht door de hogere doorstroming in R wateren te verklaren is wat een hogere (slecht meetbare) dynamiek veroorzaakt. Ook een groter effect van zuiveringen en oversorten op de R-types zou dat kunnen verklaren. Concluderend is de dataset wel toereikend om het effect van maaien te bepalen op de biologische waterkwaliteit, maar niet op de fysisch-chemische waterkwaliteit. De biologische waterkwaliteit heeft namelijk een langer 'geheugen' (het effect van maaien op de levensgemeenschap is langduriger) dan de fysisch-chemische waterkwaliteit (het door maaien beïnvloede water stroomt snel het systeem uit waardoor je het effect mist als je niet snel genoeg na het maaien meet).

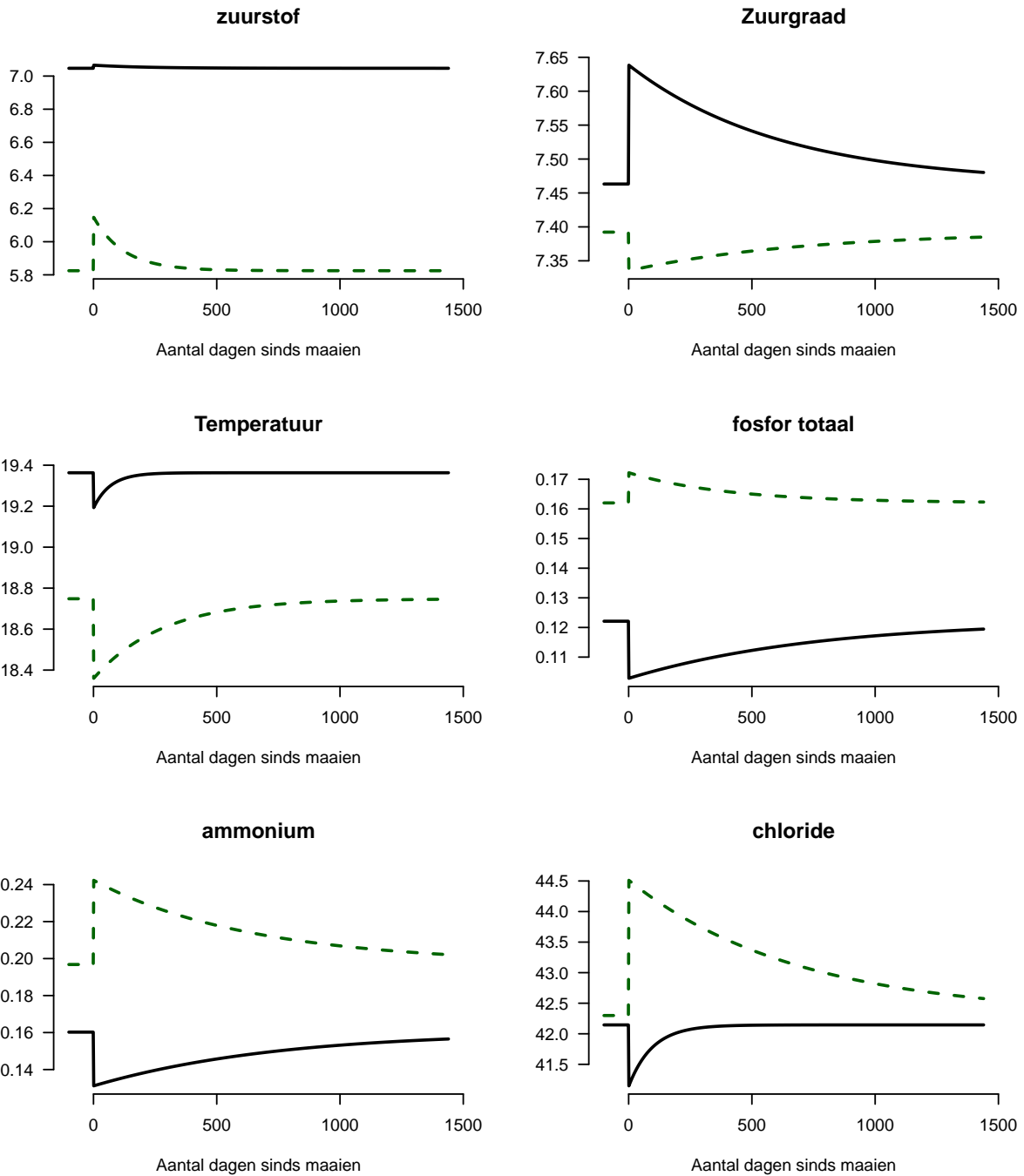
## Literatuur

Hallmann, C., van der Pol, Joost, and B. Brugmans. 2021. Trends en toestand ecologische, fysische en chemische parameters Aa en Maas. Effecten van inrichting en beheer & onderhoud. .

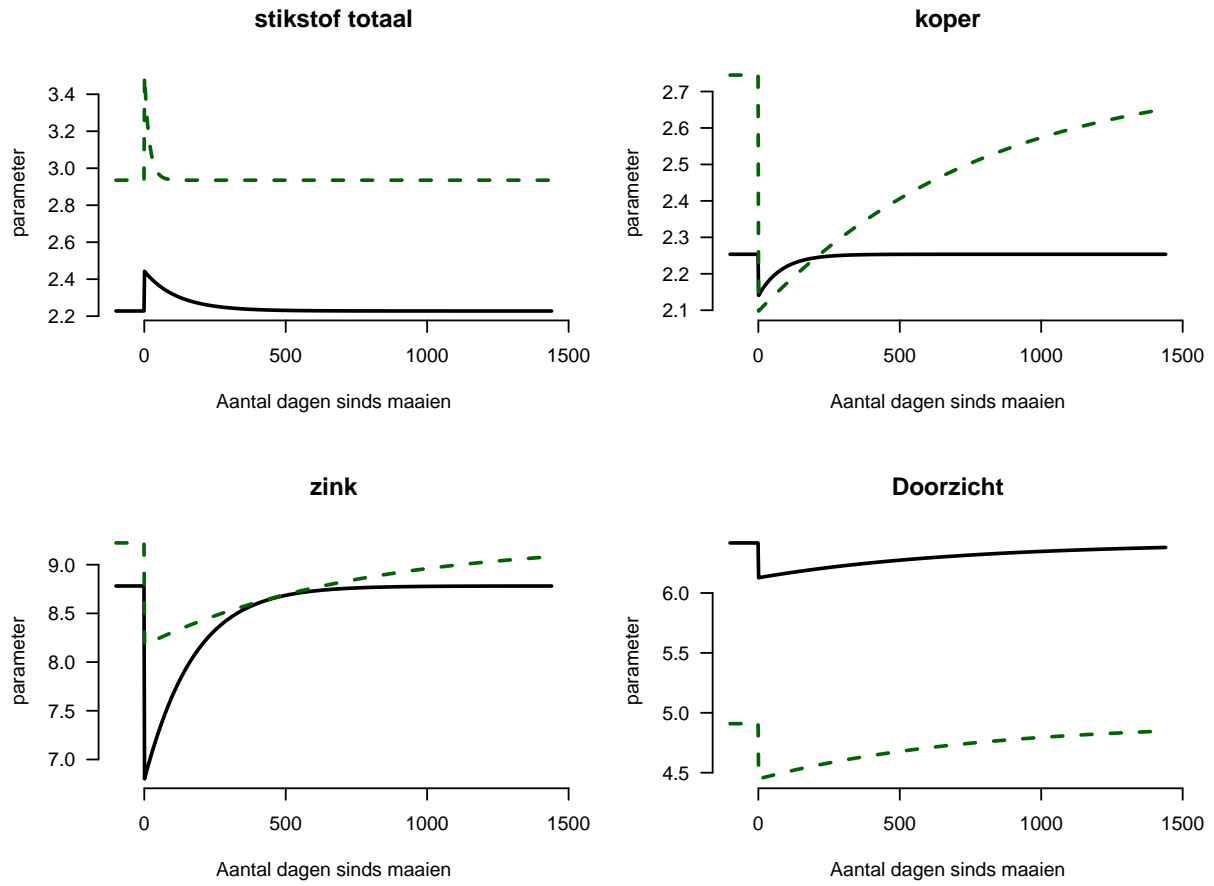
van Tent, J. 2022. krw: KRW-toetsing. R package version 0.2.2 .

## A Bijlage





**Figuur 7.** Effecten van maaien op FC parameters voor M-watertypen (solide lijn) en R-watertypen (gestippelde lijn).



**Figuur 3.** Vervolg