

Maaisel: waterkwaliteit en oeververruiging onder de loep

Waterschap Aa en Maas

13 mei 2026



Contactpersoon

DEROEN TUMMERS
Projectleider

Arcadis Nederland B.V.
Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

Auteurs

David Riedinger, Isanne Hendriks, Deroen Tummers

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting	5
Verklarende woordenlijst	7
1 Inleiding	9
1.1 Aanleiding	9
1.2 Doel	9
1.3 Werkwijze	9
1.4 Leeswijzer	10
2 Methodiek	11
2.1 Gebruikte data	11
2.2 Berekening hoeveelheden slootmaaisel en nutriëntenstroom	12
2.2.1 GIS-analyse en ruimtelijke koppeling	12
2.2.2 Aggregatie van oppervlakte en maaifrequentie	13
2.2.3 Berekening maaisel en nutriëntenstroom per klasse	13
2.2.4 Relatie met totale belasting	14
2.2.5 Visualisatie en rapportage	14
2.3 Verkennende analyse ecologie (EKR en soortenrijkdom)	14
3 Kwantificering nutriëntenstroom	17
3.1 Hoeveelheid maaisel	17
3.2 Bijdragen maaisel aan totale nutriëntenbelasting	17
3.3 Onzekerheden en kennishiaten	24
4 Achterblijvend maaisel en doelbereik nutriënten	25
4.1 Aanpak en interpretatiekader	25
4.2 Doelbereik totaal stikstof	25
4.3 Doelbereik totaal fosfor	25
4.4 Implicaties voor prioritering en vervolg	25
5 Effect van achterblijvend maaisel op ecologie	28
5.1 Open water	29
5.1.1 KRW-maatlatten	29
5.1.2 Ecologie en biodiversiteit	30

5.2	Natte oever	31
5.2.1	KRW-maatlatten	31
5.2.2	Ecologie en biodiversiteit	33
5.3	Droge oever	33
5.4	Onderhoudsstroken	35
5.5	Overige ecologische effecten: adulte macrofauna	36
6	Conclusies en aanbevelingen	37
6.1	Samenvatting bevindingen	37
6.2	Handelingsperspectief	38
6.3	Aanbevelingen vervolgonderzoek	38
	Referenties	40
	Bijlagen	
	Bijlage A Antwoorden op de vragenlijst	41
	Bijlage B Inzicht in de KRW-maatlat: theorie	47
	Colofon	50

Managementsamenvatting

Deze bureaustudie onderzoekt in hoeverre het beheer van (sloot)maaisel kan bijdragen aan (1) het verminderen van de nutriëntenbelasting (stikstof en fosfor) in KRW-waterlichamen van Waterschap Aa en Maas en (2) het beperken van oeververruiging en het versterken van ecologische kwaliteit en biodiversiteit. Bij het maaien van sloten en beken (de A-watgangen) wordt maaisel in de praktijk meestal op de insteek en/of onderhoudspaden gelegd. Als dit maaisel blijft liggen, kunnen nutriënten terugstromen naar het watersysteem en kan lokaal op de oever verruiging optreden. Het rapport kwantificeert de orde van grootte en duidt ecologische effecten, en vertaalt dit naar een voorstel voor handelingsperspectief.

Hierbij is gebruik gemaakt van bestaande data (nutriëntenconcentraties, maaibeheer, fotomateriaal, etc.) van het waterschap. Hierbij is naar het zomerhalfjaar gekeken, aangezien dit zomerhalfjaar ook gebruikt wordt ten behoeve van de KRW, en aangezien in die periode de hoogste biologische activiteiten plaatsvinden. Daarnaast is een vragenlijst uitgezet naar meerdere (zand)waterschappen om praktijkervaringen te verzamelen. De antwoorden op de vragenlijst zijn uiteindelijk weinig gebruikt in deze studie, aangezien partijen wel het beeld herkennen, maar nog niet werken aan een kwantificering van het effect van al dan niet afvoeren van maaisel.

Hoofdvragen en kernantwoorden

1. Hoe groot is de potentiële nutriëntenstroom uit maaisel dat op de kant blijft liggen, en hoe verhoudt dit zich tot de totale belasting?

Om te beginnen: maaisel zelf is geen bron van nutriënten maar een vorm van tijdelijke opslag van nutriënten die via andere routes in het watersysteem terecht komen. De bijdrage van achterblijvend maaisel aan de totale stikstof (N)- en fosfor (P)-belasting is voor N gemiddeld 1.7% (0 – 4.56%) en voor P gemiddeld 4% (0 – 13.8%). Dit is met name op plekken waar de totale P-belasting vanuit andere bronnen relatief laag is. De uitkomsten zijn bedoeld als orde-grootte en zijn gevoelig voor aannames over tonnages, nutriëntengehalten, emissiefracties en maaimomenten. Zo zijn de maaimomenten in periode 5 niet in hun geheel meegenomen, aangezien deze voor een deel buiten het zomerhalfjaar ten behoeve van de KRW-beoordeling vallen.

2. Wat betekent (hypothetisch) volledig afvoeren van maaisel op de kant voor het behalen van nutriëntendoelen?

De indicatieve doorkijk naar doelbereik laat zien dat het verwijderen/afvoeren van maaisel op de kant het beeld voor N en P in de meeste waterlichamen slechts beperkt verandert. Er zijn geen KRW-waterlichamen die de nutriëntendoelen uitsluitend door het volledig afvoeren van al het maaisel langs A-watgangen gaan halen. In enkele waterlichamen kan maaiselafvoer wél noemenswaardig bijdragen aan het verkleinen van de restopgave tot het GEP-doel, met name waar het waterlichaam al dicht bij het doel ligt. Dit volgt uit een vereenvoudigde doorrekening op basis van de berekende %-bijdrage, waarbij onzekerheden in de onderliggende aannames direct doorwerken in de uitkomst.

3. Welke ecologische effecten zijn te verwachten van het al dan niet afvoeren van maaisel (water, oever, werkpads)?

- Effecten in de waterkolom (deze wordt voor de KRW beoordeeld) zijn naar verwachting beperkt en zijn in de verkennende analyses met EKR-scores voor macrofyten of macrofyten-diversiteit niet eenduidig zichtbaar.
- Voor natte oevers (deze worden ook voor de KRW beoordeeld) lijkt er een hogere biodiversiteit te zijn wanneer maaisel wordt afgevoerd.
- Op de droge oevers wijzen literatuur, praktijkervaringen en fotovoobeelden erop dat het laten liggen van maaisel kan bijdragen aan verruiging, opbouw van een viltige/rotte laag en een meer homogene vegetatiestructuur, wat ongunstig kan zijn voor (oever)soortenrijkdom en beheerdoelen.
- De onderhoudsstroken verruigen wanneer maaisel blijft liggen (praktijkervaringen, antwoorden vragenlijst door andere waterschappen, fotovoobeelden) en voor de veiligheid dient daarom vaker gemaaid te worden, wat verruiging in stand houdt.

4. Waar is maaiselafvoer het meest kansrijk en welke onzekerheden zijn bepalend?

Maaiselafvoer is het meest kansrijk waar meerdere factoren samenkomen: (i) relatief hoge berekende bijdrage aan nutriënten belasting, (ii) waterlichamen die al dicht bij nutriëntendoelen liggen, (iii) zichtbare oeververruiging/maaiselwallen of beheerknelpunten op werkpaden, en (iv) praktische uitvoerbaarheid van afvoer.

Aanbevelingen

1. Richt maaiselafvoer niet alleen op nutriëntenwinst, maar ook op oever- en onderhoudswinst. Zet het afvoeren van maaisel vooral in als bredere ecologische maatregel.
2. Verklein de grootste onzekerheden in de huidige berekening met gerichte metingen van maaiseltonnages per km, uitgesplitst naar breedteklasse.
3. Verkrijg extra inzicht in de mate waarin maaiselafvoer bijdraagt aan verschraving en hogere biodiversiteit: voer op een beperkt aantal prioritaire locaties (bij voorkeur binnen EVZ/NVO of beekhersteltrajecten) een 'voor/na' (of 'before-after-control-impact')-monitoring uit, waarbij trajecten met en zonder maaiselafvoer worden vergeleken onder vergelijkbare omgevingscondities (landgebruik, bodemsamenstelling, beschaduwning, hydrologie, etc.).

Verklarende woordenlijst

In deze woordenlijst zijn de belangrijkste afkortingen en begrippen uit dit rapport toegelicht. Waar relevant is aangegeven hoe de term in deze studie is gebruikt.

Term	Toelichting
A-waterloop	Primaire wateren in beheer/onderhoud van het waterschap (in dit rapport: de A-waterlopen die in het maaibestek en de GeoVisia-beheerdata zijn opgenomen).
Denitrificatie	Biologisch proces waarbij nitraat (NO_3^-) wordt omgezet in stikstofgas (N_2), waardoor stikstof uit het watersysteem kan verdwijnen (retentie/verwijdering).
EKR	Ecologische KwaliteitsRatio. Score (0–1) die aangeeft hoe de ecologische toestand zich verhoudt tot een referentiesituatie
Emerse zone	Zone met waterplanten die boven water uitsteken; in het theoretisch kader (KRW-maatlat) onderdeel van de waterzone-indeling.
Emissiefractie	Aangenomen fractie van de nutriënten in (vers) maaisel die uitspoelt/vrijkomt en (in deze bureauaanpak) het KRW-waterlichaam bereikt.
EVZ	Ecologische Verbindingszone. Gebiedsopgave gericht op verbinding van natuurgebieden
GeoVisia	Systeem/datasets met beheerinformatie (o.a. maaivakken en werkpaden) gebruikt als bron voor GIS-analyse en aggregatie (lengtes, breedteklassen, verwerking maaisel, onderhoudscode).
GEP	Goed Ecologisch Potentieel. KRW-doelniveau voor kunstmatige en sterk veranderde waterlichamen
Insteek	Overgang van watergang naar het maaiveld/onderhoudsstrook aan de bovenzijde van het talud; locatie waar maaisel in de praktijk vaak wordt neergelegd.
Interne belasting	Deel van de nutriëntenbelasting dat uit het stroomgebied van het KRW-waterlichaam zelf komt (Uit-en-af spoeling, depositie, RWZIs etc.)
KRW-(toe)stroomgebied	Ruimtelijke eenheid (toestroomgebied) waarbinnen belastingen en beheerdata zijn geaggregeerd voor een KRW-waterlichaam
KRW-maatlat	Beoordelingssystematiek binnen de KRW per watertype, met indicatoren (o.a. macrofyten, macrofauna, vissen) en regels voor weging/interpretatie (EKR).
LERM3	Evaluatie Landbouw Emissie Reducerende Maatregelen, fase 3.
Maaibestek/maaibestekcodes	Contract-/beheerafspraken waarin maaitypes, onderhoudscodes en frequenties zijn vastgelegd. In dit rapport gebruikt om maaifrequenties en profielfactoren toe te kennen.
Maaifrequentie	Aantal maaibeurten per periode (in dit rapport vooral het zomerhalfjaar, 1 april–1 oktober).
Maaiprofiel/profielfactor	Factor die aangeeft welk deel van het volledige profiel daadwerkelijk wordt gemaaid.
Maaivak/werkpad	Beheerobject/traject (lijn/vlak) in de GeoVisia-data waarvoor maaibeheer is vastgelegd.
Macrofauna	Ongewervelde waterdieren (larven en volwassen stadia) die als KRW-indicator kunnen fungeren
Macrofyten	Water- en oeverplanten die voor de KRW worden gebruikt als biologische kwaliteitsindicator; in dit rapport o.a. waterplanten en oeverplanten (EKR-scores).
Nalevering	Vrijgave van nutriënten vanuit bodem/slib naar de waterkolom (interne bron). Kan o.a. optreden bij zuurstofarme omstandigheden of verstoring.

Term	Toelichting
NVO	Natuurvriendelijke oever. Inrichtings-/beheermaatregel gericht op ecologische verbetering
R4, R5, R6, R20, M1, M3, M6, M20	KRW-watertypen. R-typen zijn (varianten van) stromende wateren/beken; M-typen zijn sloten, kanalen of meren.
Resuspensie	Opwerveling van slib/sediment in de waterkolom (bijv. door baggeren of verstoring), waardoor nutriënten tijdelijk beschikbaar kunnen komen.
Retentie	Vasthouden/verwijderen van nutriënten in het systeem (bijv. door opname, bezinking, vastlegging in bodem of denitrificatie).
SOBEK-DELWAQ	Modelketen voor hydrodynamica en waterkwaliteit.
Talud	Schuine oever van de watergang tussen waterbodem en insteek. Locatie waar maaisel kan blijven liggen en waar verruiging kan optreden.
Totale belasting	Som van alle (externe en interne) bronnen die bijdragen aan de nutriëntenbelasting van een KRW-waterlichaam/stroomgebied. In dit rapport gebruikt als referentie voor het berekende percentage aandeel van maaisel.
WENR/WUR	Wageningen Environmental Research (WENR)/Wageningen University & Research (WUR).

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Nederland staat voor aanzienlijke uitdagingen op het gebied van waterkwaliteit, mede in het kader van de Kaderrichtlijn Water (KRW). Ook waterschap Aa en Maas heeft KRW-doelen vastgesteld, die momenteel deels niet worden gehaald. De KRW-doelen bestaan uit een chemisch en een biologisch deel.

Om voldoende doorstroming in het watersysteem te waarborgen en verlanding van waterlichamen te voorkomen, worden water- en oeverplanten gemaaid. Deze planten nemen nutriënten op uit het water en de waterbodem. Bij het maaien van sloten en beken wordt het maaisel door het waterschap vaak op de insteek gelegd. Wanneer het maaisel daar blijft liggen, kunnen de hierin opgeslagen nutriënten terugvloeien naar het watersysteem. Van nature sterven de waterplanten in de winter af, en komen de nutriënten ook vrij. Door het maaien in de zomerperiode gebeurt dat eerder in het jaar.

In 2012 is via het LERM3 onderzoek voor het waterschap de samenstelling van het lekwater uit het maaisel al onderzocht. Het is onduidelijk hoe deze nutriëntenstroom zich verhoudt tot de totale nutriëntenbelasting van het watersysteem van waterschap Aa en Maas. Daarnaast is er onzekerheid over het effect van het achterlaten van maaisel op de insteek op de groei van oevervegetatie. Mogelijk is het afvoeren van maaisel een effectieve maatregel om nutriënten uit het watersysteem te halen, te zorgen voor verschraling en om de ontwikkeling van gewenste oeverplanten te stimuleren.

1.2 Doel

Waterschap Aa en Maas heeft de volgende doelen voor voorliggende studie geformuleerd:

4. Een betrouwbaar inzicht in de hoeveelheden slootmaaisel en nutriënten daarin, die vrijkomen bij het slootonderhoud van beken en sloten van waterschap Aa en Maas, afgezet tegen de totale nutriëntenbelasting van het watersysteem (zoals vastgesteld in bronnenanalyses die zijn gedaan voor stikstof (N) en fosfor (P) door Wageningen UR). Hierbij gaat het om alle A-waterlopen;
5. Een doorkijk naar de te verwachten ecologische effecten van het laten liggen van slootmaaisel en de uitspoeling van nutriënten op de aquatische en oevervegetatie;
6. Het opstellen van een voorstel voor handelingsperspectief.

Naast maaien (jaarlijks) worden de watergangen ook gebaggerd, waarbij de bagger op de kant wordt afgezet. Omdat deze frequentie veel lager is (1x per 7 jaar of minder vaak) en over een groot oppervlak wordt verspreid, is de bijdrage daarvan niet in het onderzoek opgenomen.

Bagger

Naast maaibeheer kan ook baggeren de nutriëntenhuishouding beïnvloeden. Slib bevat vaak aanzienlijke hoeveelheden fosfor en stikstof en kan, afhankelijk van zuurstofcondities en menging, fungeren als bron (nalevering) of juist als tijdelijke sink. Bij baggerwerkzaamheden kunnen nutriënten bovendien kortdurend vrijkomen door resuspensie of door het verplaatsen van slib naar de kant. In de praktijk wordt bagger doorgaans incidenteel uitgevoerd (bijv. eens per zeven jaar) en wordt het materiaal veelal over een groter oppervlak verwerkt/uitgespreid dan maaisel. Hierdoor is de ruimtelijke en temporele dynamiek van nutriëntenstromen bij baggeren anders dan bij het jaarlijkse maaibeheer.

In deze bureaustudie is baggeren niet meegenomen in de berekeningen.

1.3 Werkwijze

De werkwijze is opgezet langs drie samenhangende sporen. Ten eerste is de potentiële bijdrage van sloot- en werkpadaaisel aan de nutriëntenbelasting (N en P) kwantitatief ingeschat op basis van beheer- en GIS-data van het

waterschap, gecombineerd met kengetallen uit literatuur. Ten tweede is een doorkijk gemaakt naar mogelijke ecologische effecten van het achterlaten van maaisel op water- en oevervegetatie, waarbij zowel literatuur als een verkennende datakoppeling met beschikbare monitoring (o.a. macrofyten-EKR en soortenaantallen) is gebruikt. Ten derde zijn de bevindingen vertaald naar een handelingsperspectief voor maaiselbeheer.

Omdat het om een bureaustudie gaat met expliciete aannames, zijn uitgangspunten en tussenresultaten gedurende het traject periodiek afgestemd met een klankbordgroep binnen het waterschap. Binnen het waterschap is veel kennis aanwezig over het beheer en de effecten van het laten liggen van maaisel; door zowel voorafgaand aan als tijdens de analyse regelmatig af te stemmen, konden aannames worden getoetst en tussenresultaten worden voorgelegd. Dit zorgt ervoor dat de uitkomsten van het onderzoek voortdurend zijn vergeleken met praktijkervaringen en draagt bij aan het creëren van draagvlak binnen alle lagen van de organisatie.

Daarnaast zijn de ervaringen van vijf andere waterschappen verzameld middels een vragenlijst. Deze ervaringen kunnen mogelijk ingezet worden voor een gedegen perspectief bij waterschap Aa en Maas.

De gehanteerde aanpak per doel is hieronder verder uiteengezet.

Doel 1:

- a. Het bepalen van de hoeveelheid maaisel voor verschillende typen watergangen en maaicodes, opgenomen in het maaibestek;
- b. Het bepalen van de nutriëntensamenstelling van slootmaaisel en werkpada maaisel op basis van literatuur;
- c. Het bepalen van de nutriënten-vrachten afkomstig uit het maaisel op basis van literatuur;
- d. Het vergelijken van deze vrachten met de vrachten per waterlichaam zoals vastgesteld in de Maas-brede bronnenanalyses nutriënten van Wageningen Universiteit;
- e. Het identificeren van de grootste onzekerheden in deze bureauaanpak en het formuleren van benodigde vervolgmetingen.

Doel 2:

- a. Het effect inschatten van het laten liggen van maaisel op verruiging van de oevervegetatie, en de te verwachten effecten daarbij op KRW-doelbereik;
- b. Inzamelen praktijkervaringen rondom laten liggen van maaisel bij andere waterschappen;
- c. Inventariseren van ontbrekende gegevens of kennis waarvoor aanvullend (praktijk)onderzoek noodzakelijk is;
- d. Kwantificeren van effecten van laten liggen maaisel op KRW-maatlat voor macrofyten, maar ook op biodiversiteit.

Doel 3:

- a. Opstellen van prioriteringscriteria om te bepalen in welke KRW-waterlichamen en beheertrajecten maaiselafvoer het meest kansrijk is.
- b. Formuleren van een gefaseerde aanpak voor het doorontwikkelen en toepassen van maaiselafvoer

Als eindresultaat leveren wij een gebiedsdekkend overzicht van de potentiële verlaging van de nutriëntendruk in de KRW-waterlichamen en de vergroting van de floradiversiteit op de insteek binnen het beheergebied van waterschap Aa en Maas en advies hoe dit thema verder te behandelen

1.4 Leeswijzer

Hoofdstuk 1 bevat de inleiding van deze studie, inclusief aanleiding, doelstelling en werkwijze. Hoofdstuk 2 beschrijft de gebruikte data en de rekenstappen waarmee de hoeveelheid maaisel en de bijbehorende nutriëntenstroom is bepaald, inclusief een verkennende koppeling met ecologische monitoring. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de kwantificering gepresenteerd en in context geplaatst door de berekende bijdrage van maaisel te vergelijken met de totale nutriëntenbelasting (**Doel 1**). Hoofdstuk 4 verkent wat die berekende bijdrage van maaisel betekent voor het nutriënten-doelbereik in de KRW-waterlichamen bij het (hypothetisch) afvoeren van maaisel. Hoofdstuk 5 beschrijft de (verwachte) ecologische effecten van achterblijvend maaisel op water- en oevervegetatie, ondersteund met literatuur en verkennende data-analyses (**Doel 2**). Hoofdstuk 6 vat de belangrijkste bevindingen samen en vertaalt deze naar aanbevelingen, waaronder kennishiaten en een handelingsperspectief voor maaiselbeheer (**Doel 3**).

2 Methodiek

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de nutriëntenstroom uit (sloot)maaisel is gekwantificeerd en hoe de effecten van achterblijvend maaisel ecologisch zijn geduid. De aanpak combineert GIS-bestanden en beheerinformatie van het waterschap met kengetallen uit (grijze) literatuur en expertinschattingen, zodat per KRW-stroomgebied en per wijze van maaiselverwerking (op de kant, afdrijven, afvoeren) een onderling vergelijkbaar beeld ontstaat. De berekeningen zijn bedoeld als bureau-inschatting van orde-grootte en prioritering (waar is de potentiële bijdrage relatief groot), niet als exacte weergave van de feitelijke vracht op elk moment. In het kort zijn de volgende stappen uitgevoerd:

- **Stap 1:** ruimtelijke koppeling van maaivakken, werkpaden en A-waterlopen aan KRW-stroomgebieden en selectie/uitsluiting van gebieden conform scope (zie §2.2.1);
- **Stap 2:** bepalen van maaifrequenties en maaiprofielen per maaicode, en toerekenen van lengtes/oppervlaktes aan de klassen 'op de kant/afdrijven/afvoeren' (zie §2.2.2);
- **Stap 3:** omrekening van lengte/oppervlakte naar hoeveelheid nat maaisel met kengetallen (ton/km) en vervolgens naar N- en P-stroom met nutriëntengehalten en emissiefracties (zie §2.2.3 en Tabel 2-2);
- **Stap 4:** aggregatie naar KRW-stroomgebied en vergelijking met totale belastingen uit de WENR -bronnenanalyses (WENR, 2019) om het relatieve aandeel te bepalen (zie §2.2.4);
- **Stap 5:** rapportage in kaarten/tabellen en het expliciet maken van de belangrijkste aannames en onzekerheden, inclusief suggesties voor vervolgmetingen (zie §2.2.5, §3.3 en (voor de ecologie-verkenning) §2.3).

2.1 Gebruikte data

In Tabel 2-1 is een overzicht opgenomen van de datasets en bronnen die in deze studie zijn gebruikt. De tabel benoemt per bron het formaat, de belangrijkste velden en hoe de data in de analyse is toegepast. Waar in dit hoofdstuk wordt verwezen naar 'KRW-stroomgebieden' wordt bedoeld op de toestroomgebieden uit de WENR bronnenanalyse 2014-2017 (WENR, 2019) die in de data-analyse als ruimtelijke aggregatie-eenheid zijn gebruikt.

Tabel 2-1 Overzicht van gebruikte datasets en bronnen.

Dataset/bron	Formaat	Belangrijkste velden/inhoud	Gebruik in analyse
GeoVisia Werkpaden	Geopackage (.gpkg)	Geometrie (lijn), <i>onderhoudscode</i> , <i>bovenbreedte</i> , <i>verwerken_maaisel</i> (op de kant/afdrijven/afvoeren)	Berekening lengte/oppervlakte werkpaden per stroomgebied en per maaiselverwerking; basis voor maaisel- en N/P-stroom van paden.
GeoVisia Maaivakken	Geopackage (.gpkg)	Geometrie (lijn/vlak), <i>onderhoudscode</i> , <i>bovenbreedte</i> , <i>verwerken_maaisel</i> , maaiprofielinformatie via mapping	Berekening lengte/oppervlakte maaivakken per stroomgebied en per maaiselverwerking; basis voor maaisel- en N/P-stroom van vakken (incl. profielfactor).
Toestroomgebieden WENR bronnenanalyse 2014-2017 (WENR, 2019)	Shapefile (.shp)	KRW-toestroomgebieden met o.a. <i>ID_KRW</i> , <i>NAAM_ORIG</i> , <i>NAAM_KRW</i>	Ruimtelijke aggregatie-eenheid (KRW-stroomgebieden) en oppervlaktes (ha) voor kg/ha-normalisatie; gebruikt voor overlay/intersect met werkpaden en maaivakken.
Bestek mapping maaitypes	Excel (.xlsx)	Koppeling <i>onderhoudscode</i> → <i>profiel_factor</i> (maaiprofiel/maai frequentie)	Omrekening van 'compleet gemaaid profiel' naar feitelijk gemaaid profiel in de maaiselberekening voor maaivakken.
KRW nutriëntenbelastingen (WENR-bronnenanalyse 2014-2017) (WENR, 2019)	Excel (.xlsx)	Interne belasting (N,P) en totale belasting (N,P) per KRW-stroomgebied	Vergelijking van berekende maaisel-nutriëntenstroom met interne en totale belasting; berekening van %-bijdrage (totaal én alleen 'op de kant').

Dataset/bron	Formaat	Belangrijkste velden/inhoud	Gebruik in analyse
Kengetallen maaisel, nutriëntgehalten en emissiefracties	-	Ton/km nat maaisel per breedteklasse, N/P-gehalte per ton vers, emissiefractie	Omrekening van lengte/oppervlakte × maaifrequentie naar ton maaisel en vervolgens naar N- en P-stroom per klasse (pad/vak).
GEP-doelen en kentallen (optioneel voor haalbaarheidsanalyse)	Excel (.xlsx)	KRW-type, GEP Ntot/Ptot en kental 2025	Doorrekening van 'kental na verwijderen maaisel op de kant' als indicatieve haalbaarheidstoets.
EKR-scores macrofyten (optioneel voor verkenning ecologie)	Excel (.xlsx)	Meetpunten met o.a. coördinaten, datum/jaar, parametercodes (o.a. OEVPNTN, WATPTN), EKR-score	Verkenkende koppeling meetpunten aan maaivakken (buffer) om mogelijke relaties met 'kg maaisel op de kant per km' te verkennen (selectie: 2022–2024).

2.2 Berekening hoeveelheden slootmaaisel en nutriëntenstroom

De berekening van de hoeveelheden slootmaaisel en de bijbehorende nutriëntenstroom is uitgevoerd via een reproduceerbare data-analyse in Python, waarin GIS-bestanden (GeoVisia werkpaden en maaivakken) zijn gecombineerd met de KRW-toestroomgebieden (WENR, 2019), maaifrequenties uit het bestek en kengetallen voor maaisel en nutriënten (Tabel 2-2). In de analyse wordt onderscheid gemaakt tussen drie klassen voor maaiselverwerking: *Op de kant*, *Afdrijven* en *Afvoeren* (veld *verwerken_maaisel*). Alle stappen zijn zo ingericht dat per KRW-stroomgebied dezelfde rekenroute wordt gevolgd en resultaten onderling vergelijkbaar zijn.

2.2.1 GIS-analyse en ruimtelijke koppeling

De GIS-analyse is uitgevoerd om werkpaden en maaivakken eenduidig toe te rekenen aan KRW-toestroomgebieden en om per eenheid de relevante lengtes en (benaderde) oppervlaktes af te leiden. De belangrijkste stappen zijn:

1. Inlezen van GeoVisia-data: werkpaden en maaivakken (geopackages) en KRW-stroomgebieden (shapefile WENR-bronnenanalyse 2014-2017 (WENR, 2019)).
2. Standaardiseren van de naamgeving van de KRW-toestroomgebieden naar één veld (NAAM): standaard wordt NAAM_ORIG gebruikt; wanneer NAAM_ORIG gelijk is aan 'Waterschap Aa en Maas' wordt de KRW-naam (NAAM_KRW) gebruikt.
3. Uitsluiten van gebieden die (grotendeels) buiten het beheergebied vallen binnen de door WENR gedefinieerde stroomgebieden (o.a. Peelkanalen, Loobeek en Molenbeek, Drongelens Kanaal).
4. Omrekenen van de categorie bovenbreedte naar een representatieve breedte (m) en benaderen van het oppervlak als $\text{opp} = \text{breedte} \times \text{lengte}$ (m^2) en het toekennen van een kg maaisel per km waarde voor een breedte klasse.
5. Ruimtelijke koppeling via intersectie (overlay) van werkpaden en maaivakken met de KRW-toestroomgebieden; voor de resulterende deelgeometrieën wordt de lengte (m) opnieuw bepaald.

Uitsluiting van specifieke gebieden

De gebieden Peelkanalen, Loobeek, Molenbeek en Lactariabeek zijn uitgesloten aangezien deze binnen de WENR-classificatie voor een aanzienlijk deel buiten het beheergebied van Aa en Maas liggen. Hierdoor vallen een groot deel van de A-watgangen en het bijbehorende maaibestek buiten de scope van deze studie en kan er geen inschatting gemaakt worden van de nutriëntenstroom uit maaisel voor die waterlichamen.

Tabel 2-2 Overzicht gebruikte kengetallen.

Categorie	Kengetal	Waarde	Toelichting/Bron
Maaivakken maaisel	Inschatting ton/km per breedte-klasse	<6 m: 5 ton/km	Beheerders Aa en Maas
		6- 12 m: 7 ton/km m	Beheerders Aa en Maas
		>12 m: 8 ton/km	Beheerders Aa en Maas

Categorie	Kengetal	Waarde	Toelichting/Bron
Werkpaden Maaisel	Inschatting ton/km pad ¹	1 ton/km	Beheerders Aa en Maas
Nutriëntengehalte	N per ton vers maaisel (vak) ²	3.5 kg N/ton	LERM 3
	P per ton vers maaisel (vak) ²	0.54 kg P/ton	LERM 3
	N per ton vers maaisel (pad) ²	5.05 kg N/ton	WUR
	P per ton vers maaisel (pad) ²	0.67 kg P/ton	WUR
Emissiefractie	Emissiefractie worstcase (vak)	0.4	LERM 3
	Emissiefractie worstcase (pad)	0.2	Expert inschatting
Maaifrequenties	Op basis van maaicode	Afhankelijk van maaicode	Bestekspostcodes_v8
Profielfactoren	Op basis van Bestekcode	Afhankelijk van bestekcode	Bestekspostcodes_v8

¹Hier gaat het om een gemiddelde inschatting voor werkpaden van 1.5 tot 5 meter breed

²Dit is een combinatie van water- en oeverplanten

2.2.2 Aggregatie van oppervlakte en maaifrequentie

Groeperen per stroomgebied

Na de ruimtelijke koppeling zijn werkpaden en maaivakken geaggregeerd naar een rekentabel per KRW-stroomgebied. Daarbij is voor beide datasets gegroepeerd op *onderhoudscode*, representatieve *breedte*, *NAAM* (KRW-stroomgebied) en *verwerken_maaisel* (Op de kant/Afdrijven/Afvoeren). Per groep is de totale lengte (m) en het benaderde oppervlak (m²) gesommeerd.

Toewijzen van maaifrequenties

Vervolgens is per onderhoudscode een maaifrequentie voor het zomerhalfjaar toegekend, met aparte frequenties voor maaivakken en werkpaden. Het zomerhalfjaar (april tot en met september) is gekozen omdat deze ook voor de KRW wordt gebruikt. Dit is het groeiseizoen, waarbij stikstof en fosfor de meeste impact hebben op de ecologische waterkwaliteit.

In de Python-analyse zijn hiervoor twee mappings gebruikt (één voor vakken en één voor paden); codes met frequentie 0 zijn niet meegenomen. De frequenties representeren het verwachte aantal maaibeurtten dat (geheel of gedeeltelijk) binnen de KRW-zomer (1 april–1 oktober) valt. Maaibeurtten in P2 (16 maart–15 mei) zijn volledig meegenomen; maaibeurtten in P5 (1 september–15 november) zijn meegenomen met factor 0,3 op basis van de indicatie dat circa een derde van deze maaibeurtten in de KRW-zomer plaatsvindt, waarbij aanvullend is aangenomen dat een deel van de nutriënten pas na de KRW-zomer lekt of het KRW-waterlichaam bereikt. Incidentele maaibeurtten en maaibeurtten buiten opdracht van waterschap Aa en Maas zijn buiten beschouwing gelaten.

2.2.3 Berekening maaisel en nutriëntenstroom per klasse

Maaiselinschatting

De hoeveelheid maaisel is per record berekend op basis van (i) lengte/oppervlakte, (ii) maaifrequentie en (iii) een kengetal voor maaiselproductie (ton/km per maaibeurt). Voor maaivakken is daarnaast een *profielfactor* toegepast om rekening te houden met het feitelijk gemaaid profiel. De gebruikte kengetallen (ton/km), maaifrequenties en profielfactoren zijn samengevat in Tabel 2-2. De jaarlijkse hoeveelheid maaisel is berekend als:

$$\text{ton/jaar} = (\text{ton/km/maaibeurt}) \times (\text{lengte}/1000) \times (\text{maaifrequentie}) \times (\text{profielfactor}).$$

Nutriëntenstroom

De nutriëntenstroom is berekend door de jaarlijkse hoeveelheid maaisel (ton/jaar) te vermenigvuldigen met (i) een nutriëntengehalte (kg N of kg P per ton vers maaisel) en (ii) een emissiefractie. De gehanteerde nutriëntengehalten en emissiefracties (worst-case) voor maaivakken en werkpaden zijn opgenomen in Tabel 2-2. Per record geldt:

$$N\text{-stroom (kg/jaar)} = \text{ton/jaar} \times (\text{kg N/ton}) \times \text{emissiefractie}; P\text{-stroom idem.}$$

De keuze voor vaste nutriëntengehalten en emissiefracties, en het ontbreken van expliciete retentie/afvang onderweg, is bedoeld om een onderling vergelijkbare ordergrootte voor de nutriënten bijdrage te schetsen. In werkelijkheid kan de effectieve uitspoeling en doorwerking naar het KRW-waterlichaam anders uitvallen en sterk variëren met o.a. droogstofgehalte, soortensamenstelling, bodemtype, regenval, infiltratie, afstand tot water en verblijftijd op de kant. De belangrijkste onzekerheden en verbeteringsuggesties zijn uitgewerkt in §4.3.

2.2.4 Relatie met totale belasting

Vergelijking met belastingen

De berekende nutriënten stroom is per KRW-stroomgebied vergeleken met de totale belasting uit de WENR-bronnenanalyse (zomerhalfjaar 2014–2017) voor het Maasstroomgebied (WENR, 2019). De belastingen zijn in de analyse omgerekend van ton/jaar naar kg/jaar. Naast de vergelijking op basis van de totale berekende nutriënten stroom (pad+vak, alle verwerkingsklassen) is ook expliciet de bijdrage van de klasse *Op de kant* bepaald, omdat deze direct relevant is voor het handelingsperspectief 'maaisel afvoeren'.

Percentage bijdrage

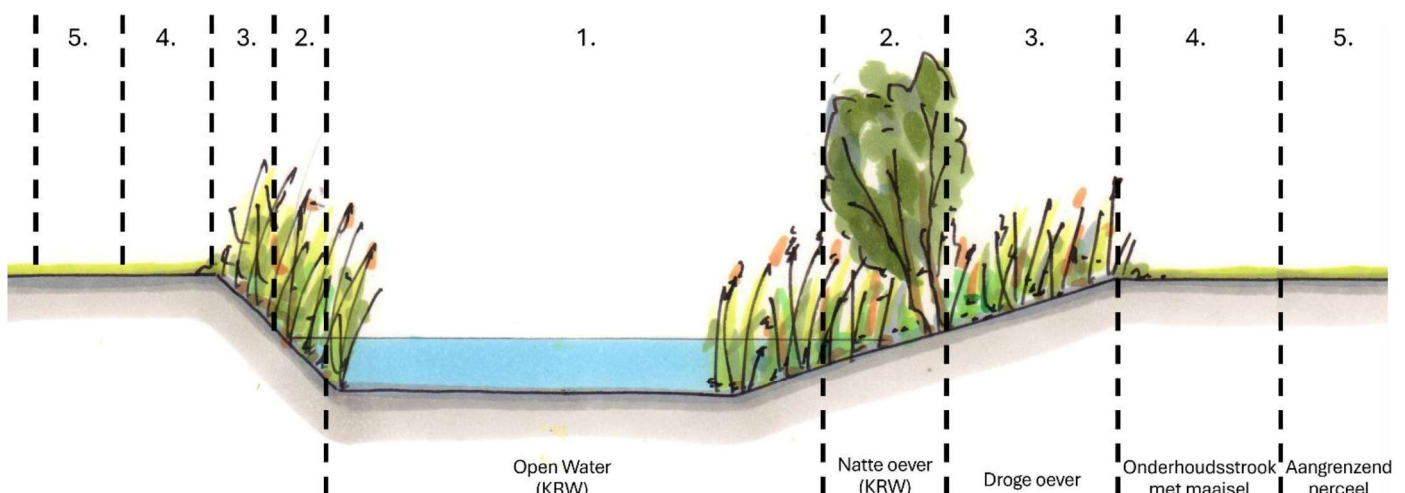
Per stroomgebied is berekend welk percentage van de totale N- en P-belasting toe te schrijven is aan maaisel dat op de kant wordt gelegd, zodat de relatieve impact van de maaipraktijk en het mogelijk verwijderen inzichtelijk wordt.

2.2.5 Visualisatie en rapportage

In de outputset worden (i) controle- en rekentabellen (Excel) en (ii) visualisaties (PNG) opgeleverd. De Excel-output bevat ten minste de per-record rekentabellen voor maaivakken en werkpaden (incl. lengte, breedte, maaifrequentie, ton/jaar en N/P-stroom) en een samenvattende tabel per KRW-stroomgebied met totale nutriënten stroom (pad+vak), nutriënten stroom per verwerkingsklasse en de afgeleide indicatoren (kg/ha en % bijdrage aan totale belasting, inclusief de variant alleen 'Op de kant'). De visualisaties omvatten o.a. staafdiagrammen van (a) totale belasting versus berekende maaisel nutriënten stroom, (b) % bijdrage van maaisel (met nadruk op 'Op de kant') per KRW-stroomgebied, en kaarten die (c) de ruimtelijke dekking van maaivakken/werkpaden en (d) de ruimtelijke spreiding van de %-bijdrage ('Op de kant') weergeven.

2.3 Verkennende analyse ecologie (EKR en soortenrijkdom)

Voor de ecologische duiding wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende zones van een waterlichaam (zie Figuur 2-1). Zo wordt in de KRW-systematiek alleen gekeken naar het open water (zone 1) en de natte oever (zone 2) (zie ook Bijlage B). Voor het al dan niet laten liggen van maaisel op de kant is de droge oever (zone 3) en de onderhoudsstrook (zone 4) waar het maaisel meestal wordt gelegd van belang. Het aangrenzende perceel (zone 5) wordt in deze studie niet meegenomen in de analyse. De vier overige zones worden elk apart behandeld in hoofdstuk 5.



Figuur 2-1 De verschillende zones binnen het dwarsprofiel van een waterlichaam. Zone 1 en 2 (open water en natte oever) dragen bij aan de KRW. Zone 5 (aangrenzend perceel) wordt niet meegenomen in voorliggende studie (bron: interne communicatie waterschap).

Naast de berekening van de nutriëntenstroom is een verkennende ecologie-analyse uitgevoerd om te toetsen of locaties met relatief veel maaisel dat op de kant blijft liggen samenhangen met (i) de EKR-scores voor macrofyten en (ii) het aantal (unieke) soorten in de emerse zone en oeverzone. Deze analyse is bedoeld als eerste data-gedreven indicatie en is niet opgezet als oorzaak-gevolg bewijs.

Voor deze analyse zijn macrofytenmetingen van het waterschap uit de meetjaren 2022–2024 gebruikt. Aangezien een KRW-meetronde elke drie jaar wordt herhaald, zijn de meetjaren 2022-2024 de meest recente jaren waarin metingen zijn uitgevoerd. De meetpunten zijn als puntenlaag ruimtelijk gekoppeld aan de GeoVisia-maaivakken (buffer 30 m), zodat per meetpunt de bijbehorende maaivakken en beheerkenmerken bekend zijn.

Als drukvariabele is per maaivak de hoeveelheid maaisel in de klasse *op de kant* (aangegeven in GeoVisia) gebruikt, omgerekend naar *kg maaisel op de kant per km per jaar*. Wanneer meerdere meetpunten binnen één maaivak vallen, zijn de gekoppelde gegevens samengevat naar *maaivak_id × jaar × parameter*, waarbij de EKR-score is gemiddeld en het aantal meetpunten is vastgelegd. De relatie tussen EKR-score (oever- en waterplanten afzonderlijk) en de maaieldruk is vervolgens verkend met spreidingsdiagrammen.

Daarna is per soort gekeken binnen welke categorie deze valt in de KRW-maatlat (zie Tabel 2-3), waarbij categorie 1 en 2 als positief worden gezien, categorie 3 als neutraal, en categorie 4 en 5 als negatief bij een steeds hoger wordende abundantie. Het aantal soorten binnen een categorie is vervolgens per KRW-type uitgezet tegen het afvoeren, afdrijven of laten liggen van maaisel.

Tabel 2-3 Score per abundantieklasse van de soort per categorie. Deze individuele scores worden uiteindelijk opgeteld voor de EKR-score. Een negatieve score van de soort draagt dus negatief bij aan de EKR-score.

Categorie	Abundantie R4, R5, R6, R20			Abundantie M1, M3, M6					
				Hydrofyten			Helofyten		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	9	6	3	3	5	6	9	8	6
2	5	4	1	3	4	4	5	4	3
3	2	1	0	2	2	0	2	1	0
4	0	0	-3	1	0	-1	1	0	-3
5	0	-4	-9	0	-1	-3	0	-2	-9

Voor soortenrijkdom is aanvullend gekeken naar het aantal unieke oever- en emerse soorten per meetlocatie in relatie tot de hoeveelheid maaisel op de kant (kg/km/jaar). Daarbij is aangesloten bij de beschikbare soortenlijsten uit de macrofytenmonitoring; per locatie is het aantal unieke taxa binnen de oevercomponent en emerse component bepaald en uitgezet tegen de berekende maaieldruk.

Deze aanpak heeft een verkennend/indicatief karakter: eventuele patronen kunnen mede worden verklaard door verschillen in habitat, beheerhistorie, schaduw/landgebruik, waterdiepte en meetinspanning. Daarom is de ecologische duiding in dit rapport nadrukkelijk gebaseerd op een combinatie van (i) deze dataverkenning en (ii) literatuur en (iii) praktijkervaringen (hoofdstuk 5).

Vragenlijst

Naast de analyses betreffende het maaiselbeheer van het beheergebied van Aa en Maas, is ook het maaiselbeheer van vijf andere waterschappen geïnventariseerd om hier mogelijke beheertips en ervaringen van te kunnen ontvangen. Het betreft de volgende 'zandwaterschappen' in zuid en oost Nederland: Waterschap Hunze en Aa's (H&A), Waterschap de Dommel (WDD), Waterschap Drents Overijsselse Delta (WDOD), Waterschap Limburg (WL) en Waterschap Vechtstromen (WSVS). Laatstgenoemde heeft geen antwoorden op de vragenlijst gegeven. De antwoorden van de overige waterschappen op de vragenlijst zijn weergegeven in Bijlage A.

De belangrijkste conclusie uit de antwoorden op de vragenlijst is dat andere waterschappen ook weinig inzichten hebben in de effecten van hun maaiselbeleid op de nutriëntenstroom en de ecologie. Daarom zijn de antwoorden niet verder meegenomen in de analyse van voorliggende studie. Wel geeft dit aan dat de studie naar de effecten van achterblijvend maaisel van meerwaarde is.

3 Kwantificering nutriëntenstroom

In dit hoofdstuk wordt de berekende nutriëntenstroom uit maaisel in context geplaatst. Eerst wordt ingegaan op de orde van grootte en ruimtelijke spreiding van de hoeveelheid maaisel die binnen het beheergebied vrijkomt (§3.1). Vervolgens wordt de hieruit afgeleide bijdrage van maaisel (met nadruk op maaisel dat op de kant blijft liggen) vergeleken met de totale nutriëntenbelasting per KRW-stroomgebied en per KRW-waterlichaam (§3.2). Tot slot worden de belangrijkste onzekerheden en kennishiaten besproken, inclusief suggesties voor vervolgmetingen en verfijning van de aanpak (§3.3).

3.1 Hoeveelheid maaisel

Figuur 3-1 geeft een overzicht van de berekende totale hoeveelheid maaisel die jaarlijks vrijkomt per KRW-stroomgebied (alle A-watgangen) binnen het beheergebied. Het betreft hierbij de som van maaisel uit maaivakken en werkpaden (pad+vak). De figuur laat zien dat de totale maaiselproductie sterk verschilt tussen stroomgebieden: een beperkt aantal stroomgebieden springt eruit met een relatief hoge hoeveelheid maaisel, terwijl voor een groot deel van de stroomgebieden van de waterlichamen de hoeveelheden lager liggen. Dit patroon sluit aan bij verschillen in (i) de lengte en breedte van beheerde waterlopen, (ii) de toegepaste maaifrequenties en (iii) het gehanteerde maaiprofiel (profielfactor) voor maaivakken.

De totale hoeveelheid maaisel is een nuttige 'druk'-indicator, maar zegt nog niet alles over de mate waarin nutriënten daadwerkelijk (terug) in het watersysteem terecht komen en de relatieve nutriënten bijdrage. Dat hangt af van de manier van verwerken (bijv. afvoeren versus laten liggen op de kant) en van de aannames over nutriëntengehalten en emissiefracties (hoofdstuk 2). In §4.2 wordt daarom de berekende nutriëntenstroom afgezet tegen de totale nutriëntenbelasting per waterlichaam en per stroomgebied om de relatieve bijdrage (in %) te bepalen.

3.2 Bijdragen maaisel aan totale nutriëntenbelasting

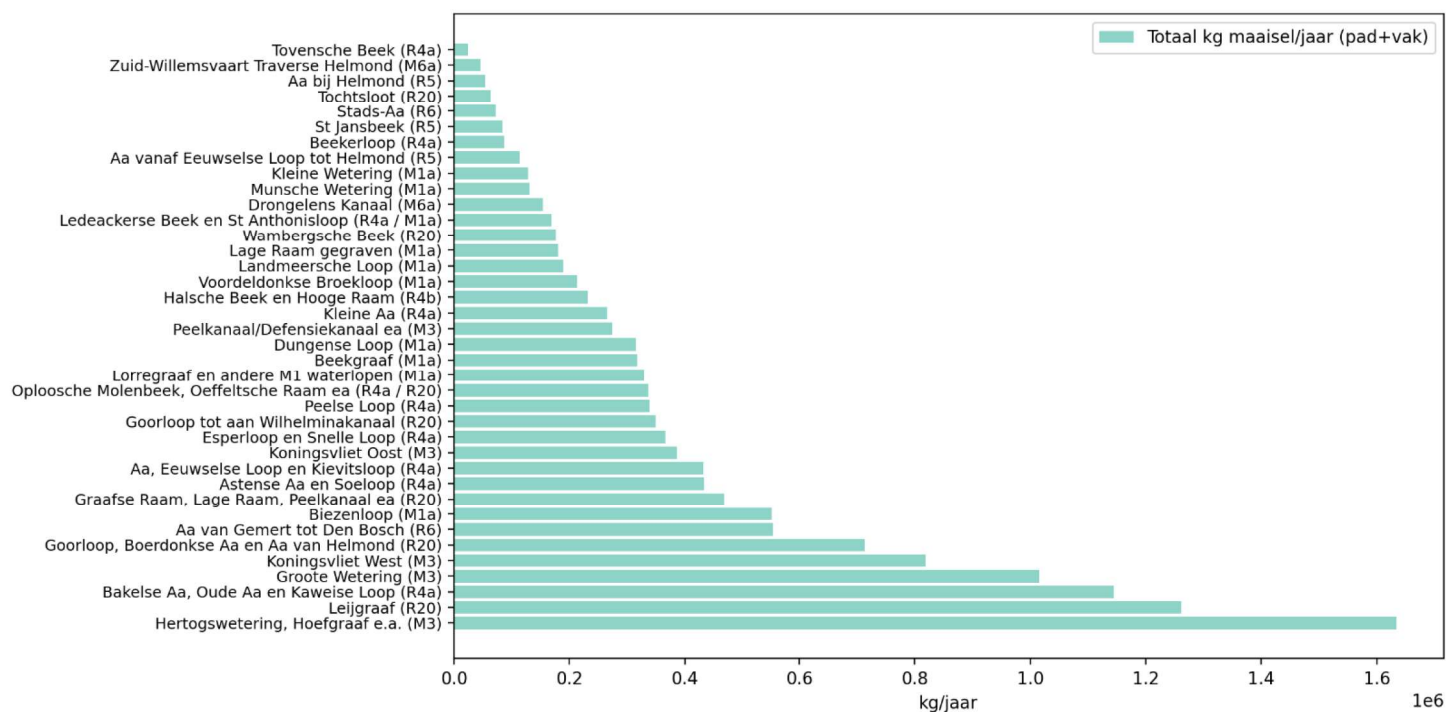
In deze paragraaf is de berekende nutriëntenstroom uit maaisel afgezet tegen de totale nutriëntenbelasting om de relatieve betekenis per KRW-stroomgebied te duiden. Voor elk KRW-waterlichaam is bepaald welk aandeel (in %) van de totale N- en P-belasting theoretisch kan worden toegeschreven aan maaisel dat *op de kant* blijft liggen. Deze indicator combineert dus (i) de berekende nutriënten stroom met (ii) de totale belasting uit de WENR-bronnenanalyse (zomerhalfjaar 2014–2017) (WENR, 2019) en geeft daarmee richting aan waar afvoeren van maaisel potentieel het grootste effect heeft.

Figuur 3-2 en Figuur 3-3 tonen de berekende bijdrage van maaisel op de kant aan de totale N- en P-belasting. In algemene zin is de berekende bijdrage aan stikstof relatief beperkt (maximaal enkele procenten), terwijl de bijdrage aan fosfor in sommige waterlichamen hoger kan uitvallen (tot 14%). Dit komt vooral doordat de totale P-belasting in deze waterlichamen relatief laag is en omdat de gehanteerde P-nutriëntengehalte in het maaisel relatief hoog is (Verhouding +/- 1:6.5 P:N; gegevens afkomstig uit LERM3).

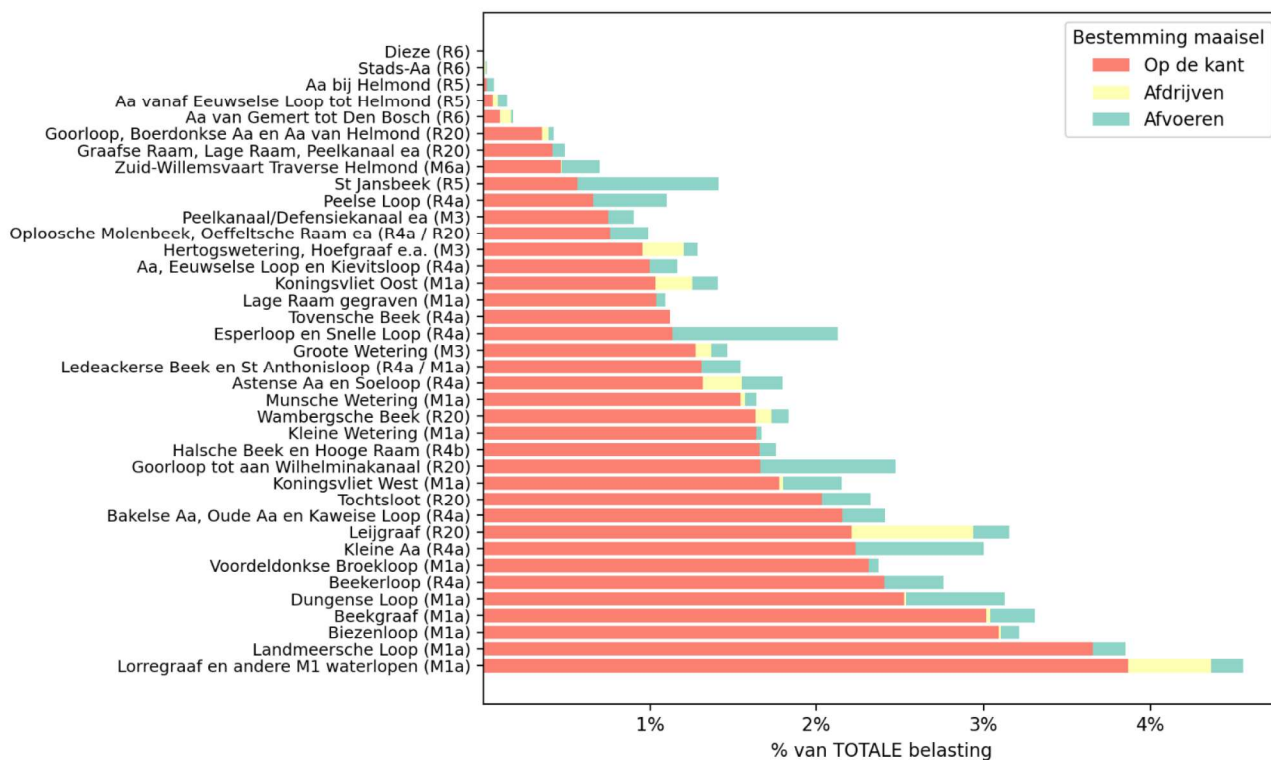
De figuren tonen dat de hoogste relatieve bijdragen niet willekeurig over KRW-typen zijn verdeeld: bij N bestaat de top 5 volledig uit M1-waterlopen en bij P zijn drie van de vijf topposities dat ook.

Figuur 3-4 laat voor stikstof en fosfor het ruimtelijke patroon zien van de berekende *relatieve* bijdrage van maaisel op de kant aan de totale nutriëntenbelasting per KRW-stroomgebied. Deze kaartjes bevatten dezelfde informatie als de hierboven genoemde figuren, maar dat op ruimtelijke schaal aangegeven.

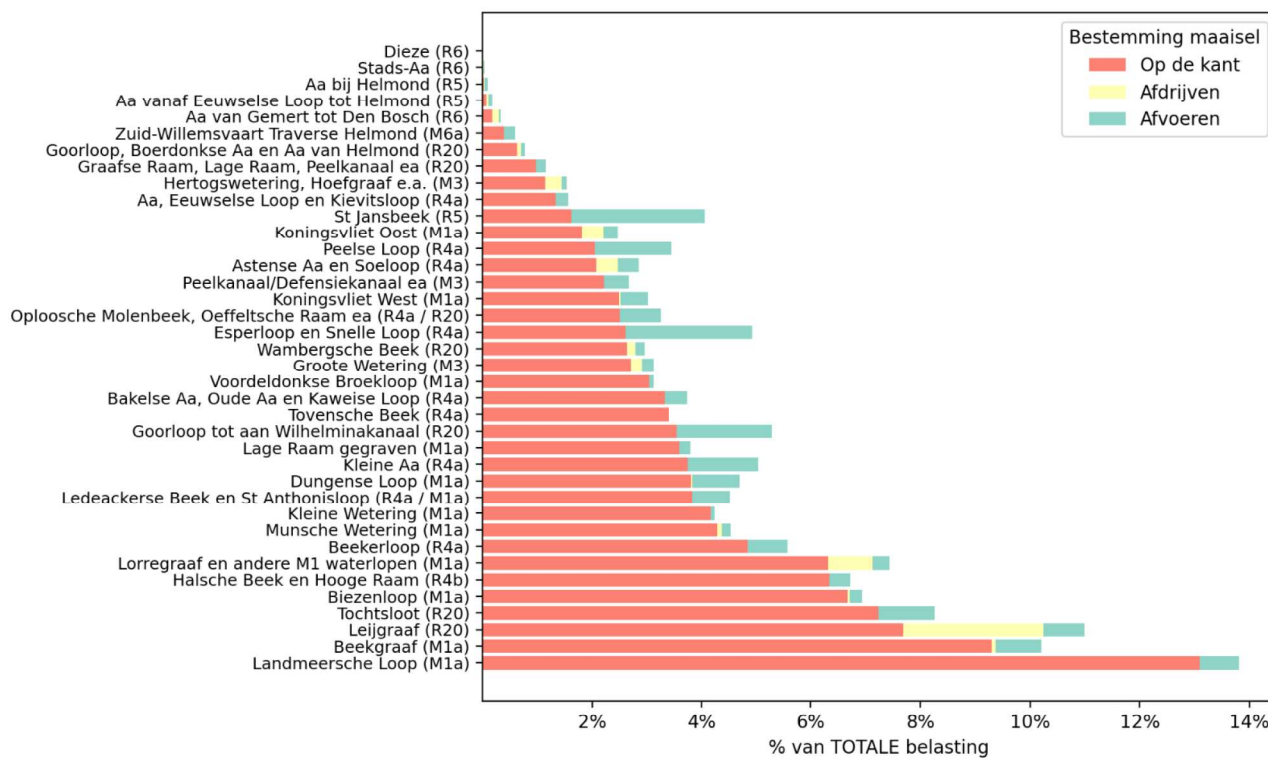
Dit ruimtelijke patroon kan verschillende oorzaken hebben. Een relatief hoog percentage kan ontstaan doordat de *totale* belasting in een stroomgebied laag is (door bv geen waterinlaat of geen RWZI-bijdrage en een klein oppervlak van een stroomgebied met daarin relatief veel sloten); in dat geval vormt zelfs een beperkte absolute maaiselgerelateerde nutriëntenstroom al snel een zichtbaar aandeel. Dit mechanisme wordt geïllustreerd in Figuur 3-5 (N) en Figuur 3-6 (P), waarin per waterlichaam de totale belasting is vergeleken met de berekende nutriëntenstroom uit maaisel op de kant. Daarnaast zijn er stroomgebieden waar de absolute maaiselgerelateerde nutriëntenstroom hoger ligt (bijv. door meer beheerde watganglengte en/of hogere maaifrequenties), waardoor ook het relatieve aandeel kan toenemen. Voor waterlichamen die in Figuur 3-4 hoog scoren is het daarom raadzaam om beide aspecten (lage totale belasting én hoge maaiselstroom) gezamenlijk te beoordelen voordat conclusies worden verbonden aan potentiële maatregelwinst.



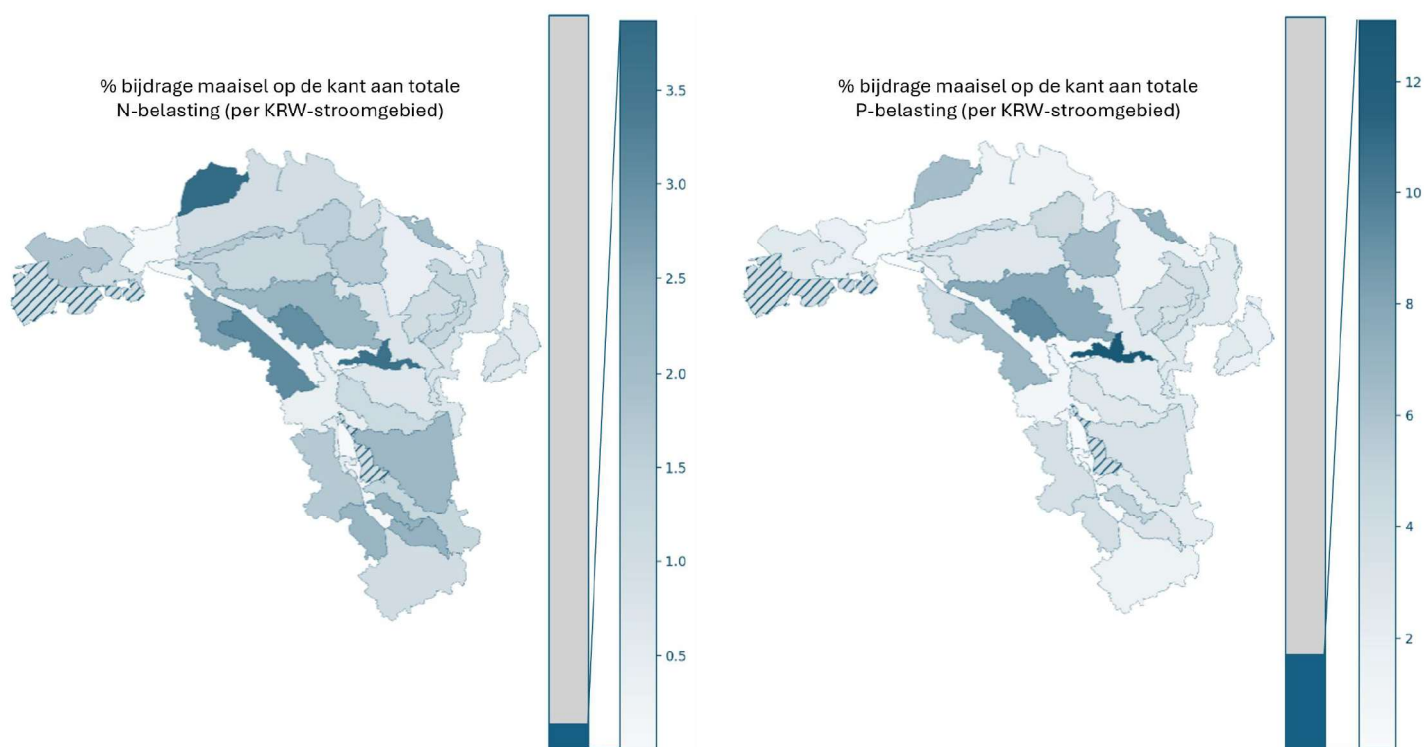
Figuur 3-1 Totale kg maaisel/jaar per KRW-stroomgebied.



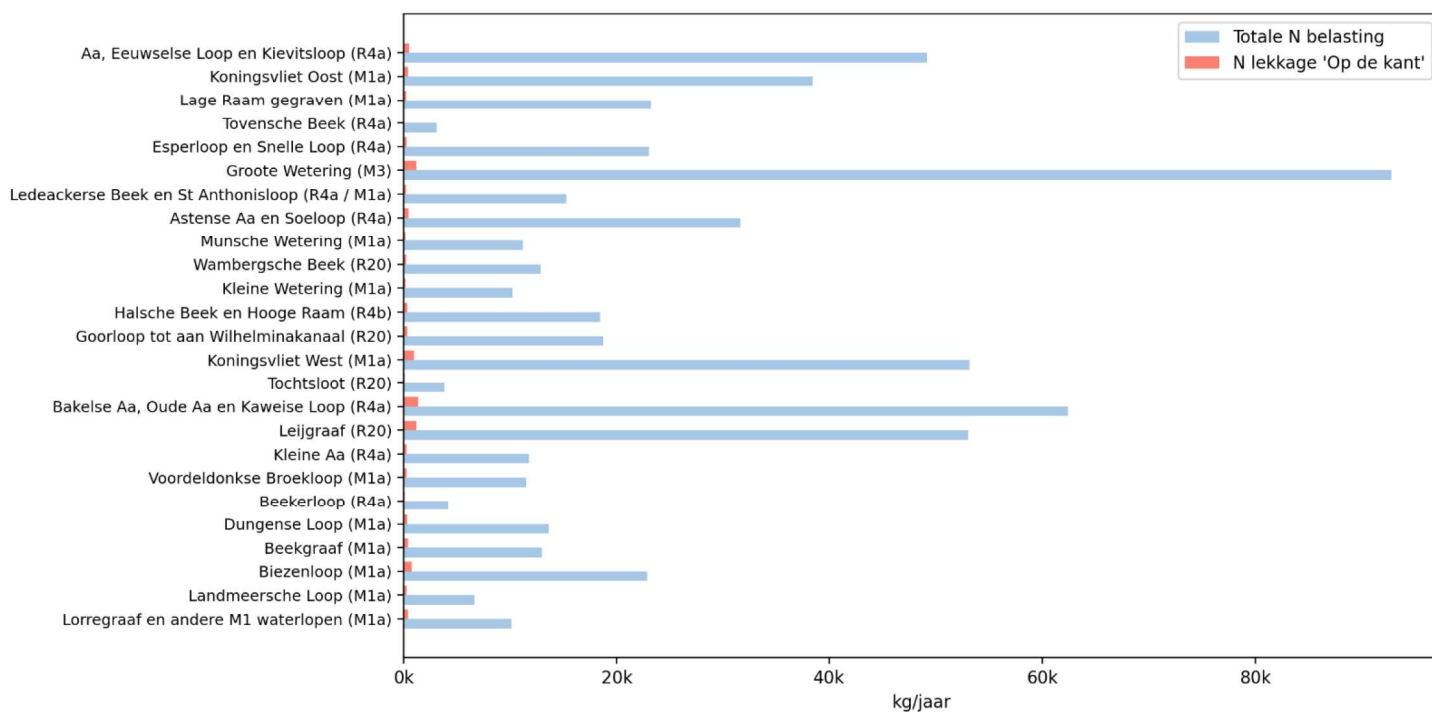
Figuur 3-2 % bijdrage maaisel aan totale N (per KRW-stroomgebied). Afdrijven en afvoeren is het aandeel voor maaisel dat in huidige praktijk al niet op de kant blijft liggen. Opmerking: vanwege de leesbaarheid van de figuur loopt de x-as tot 5% i.p.v. 100%.



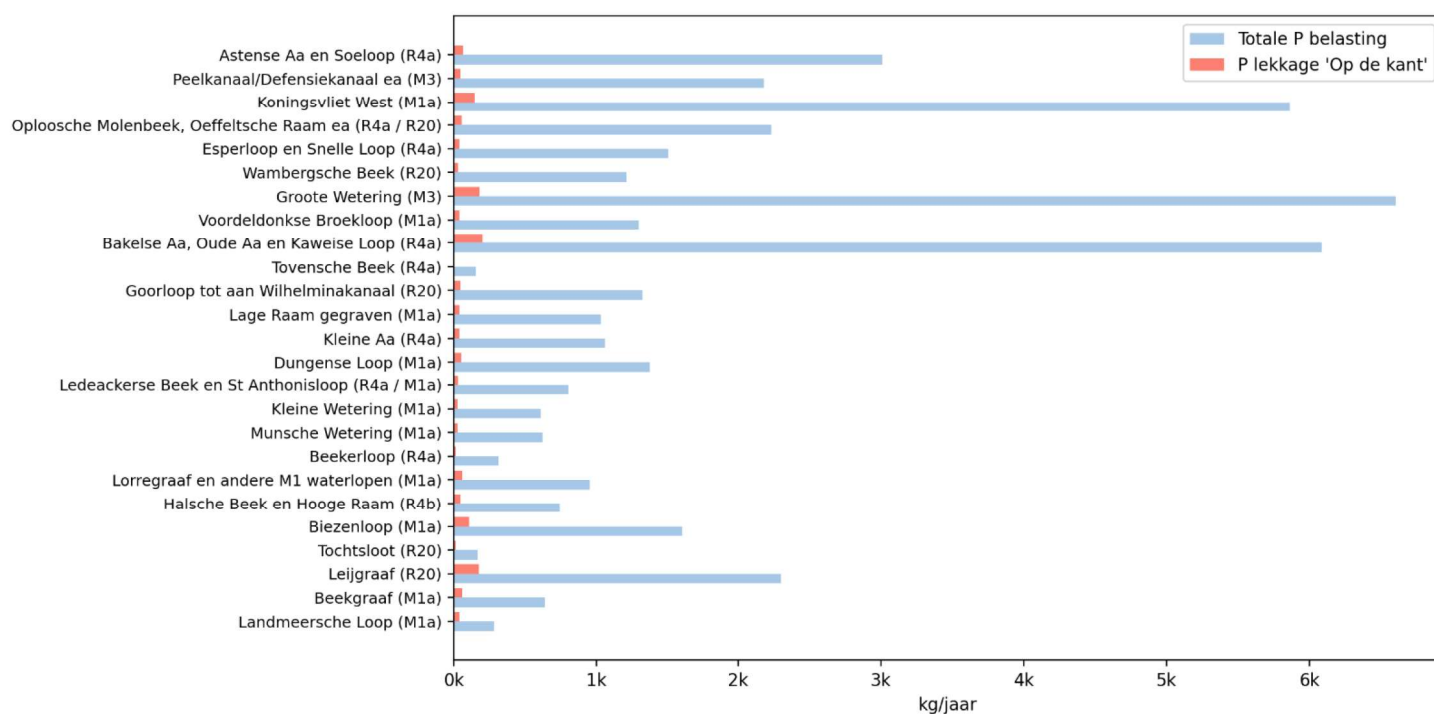
Figuur 3-3 % bijdrage maaissel aan totale P (per KRW-lichaam). Afdrijven en afvoeren is het aandeel voor maaissel dat in huidige praktijk al niet op de kant blijft liggen. Opmerking: vanwege de leesbaarheid van de figuur loopt de x-as tot 14% i.p.v. 100%.



Figuur 3-4 Geografisch overzicht van het percentage nutriëntenbelasting (N en P) afkomstig uit maaisel, ten opzichte van de totale N- en P-belasting per KRW-stroomgebied. Opmerking: de schaalverdeling met kleurstelling is aangepast om de verschillen zichtbaar te maken. De stroomgebieden met lijnen zijn de stroomgebieden die zijn uitgesloten in deze studie omdat deze niet binnen het beheer van waterschap Aa en Maas vallen.



Figuur 3-5 Vergelijking totale N belasting vs N maaissel nutriënten stroom (top 25).



Figuur 3-6 Vergelijking totale P belasting vs P nutriënten stroom (top 25).

3.3 Onzekerheden en kennishiaten

De resultaten van deze bureaustudie zijn afhankelijk van aannames en vereenvoudigingen. Hieronder staan de belangrijkste onzekerheden en kennishiaten, geordend naar vermoedelijke impact, met per punt een voorstel voor verbetering. Voor de methodische aannames (vaste kengetallen en emissiefracties) wordt verwezen naar §2.2.3.

1. Tonnages maaisel per strekkende km

De tonnages maaisel (ton/km per maaibeurt) zijn voor maaivakken per breedteklasse ingeschat en voor werkpaden als vaste waarde aangenomen. Afwijkingen hierin werken vrijwel één-op-één door in de berekende hoeveelheid maaisel en daarmee in de N- en P-stroom. Bijvoorbeeld: 6 in plaats van 5 ton/km betekent een circa 20% hogere uitkomst voor die component en daarmee procentueel ook een 20% toename (voorbeeld: 2% bijdrage wordt 2.4%).

Mogelijke verbetering: weeg gedurende één maaiseizoen maaisel van representatieve trajecten per breedteklasse/maai-code (bijv. via weegbrug) en leg daarbij km-lengtes vast. Met metingen op meerdere locaties per klasse ontstaat een beter onderbouwde set kengetallen (ton/km) voor actualisatie van de berekeningen.

2. Nutriëntengehalten en emissiefracties (worst-case)

De nutriëntenstroom hangt af van (i) nutriëntengehalten van vers maaisel en (ii) emissiefracties (deel dat uitspoelt/vrijkomt). In deze bureauberekening zijn vaste waarden gebruikt (zie §2.2.3). In werkelijkheid variëren deze met o.a. soortensamenstelling, droogstofgehalte, bodemtype, weersomstandigheden en verblijftijd op de kant.

De doorwerking is lineair: als de emissiefractie voor maaivakken 0,30 is in plaats van 0,40, dan wordt de berekende nutriëntenstroom uit maaivakken 25% lager.

Mogelijke verbetering: neem op een beperkt aantal representatieve locaties maaiselmonsters (vak én pad) en bepaal versgewicht, droogstof, N en P. Combineer dit met een (veld)uitspoelproef (bijv. 1–2 weken op de kant) om lokale bandbreedtes voor emissiefracties af te leiden.

3. Maaiselsamenstelling en verhouding talud/bodem (ruimtelijke variatie)

In de analyse is gewerkt met gemiddelde aannames voor (i) samenstelling van maaisel en (ii) verhouding talud/bodem, inclusief vaste profielfactoren. Afwijkingen hierin beïnvloeden zowel de absolute uitkomst (via het gehalte) als de ruimtelijke verdeling (via de talud/bodem-verhouding).

Deze aannames zijn afgestemd met beheerders, maar niet kwantitatief onderbouwd met metingen. In de praktijk kunnen hoeveelheid en samenstelling per maaibeurt, waterlichaam en bodemtype variëren.

Daarmee kan de werkelijke variatie in tijd en ruimte groter zijn dan in de huidige analyse zichtbaar is.

Mogelijke verbetering: bepaal per watertype/bodemtype N- en P-gehalten van maaisel met enkele monsters en leg bij een beperkt aantal trajecten vast welk deel uit talud versus bodem komt (bijv. procesregistratie of aparte opvang). Hiermee kan worden getoetst of de gebruikte gemiddelde aannames en profielfactoren passend zijn.

4. Interne nutriëntenretentie en -omzetting in A-watgangen

In de berekening is geen expliciete retentie/omzetting tussen maaisellocatie en KRW-waterlichaam meegenomen (zie ook §2.2.3). Dit levert een onderling vergelijkbare indicatie, maar kan de absolute bijdrage overschatten.

In werkelijkheid kunnen processen zoals denitrificatie, opname door biota, bezinking en binding aan de waterbodem (met name voor fosfor) de netto doorwerking verlagen.

Mogelijke verbetering: Indien behoefte bestaat aan een nauwkeurigere inschatting van de absolute bijdrage van maaisel via de A-watgangen, zijn er twee benaderingen mogelijk:

- Eenvoudig: toepassen van een retentiefactor per km tussen maaisellocatie en KRW-meetpunt (globale correctie, maar sterk afhankelijk van aannames).
- Eventueel gedetailleerd: doorrekening van transport en retentie met een waterkwaliteitsmodel (bijv. SOBEK-DELWAQ) om lokale hydraulica en processen expliciet mee te nemen.

4 Achterblijvend maaisel en doelbereik nutriënten

In hoofdstuk 4 is de potentiële bijdrage van achterblijvend maaisel aan de totale nutriëntenbelasting gekwantificeerd en uitgedrukt als een percentage van de totale N- en P-belasting. In dit hoofdstuk wordt die uitkomst vertaald naar een indicatieve doorkijk naar het nutriënten-doelbereik in KRW-waterlichamen: wat betekent het (hypothetisch) volledig en direct verwijderen/afvoeren van maaisel dat op de kant blijft liggen voor de afstand tot het KRW-doel voor N en P?

Per KRW-waterlichaam is het 'kental 2025' voor N en P (als representatieve concentratie) gecorrigeerd met het berekende percentage bijdrage van maaisel op de kant aan de totale belasting. De correctie is toegepast als: $kental_corr = kental \times (1 - pct_op_de_kant/100)$. Dit levert geen nieuw, gemodelleerd toekomstscenario op, maar een transparante indicatie van de maximale potentiële bijdrage van de maatregel 'maaisel afvoeren' aan het verkleinen van de afstand tot het KRW-doel (GEP) voor nutriënten.

4.1 Aanpak en interpretatiekader

Figuur 4-1 (N) en Figuur 4-2 (P) tonen per KRW-waterlichaam het GEP-doel en het kental 2025, inclusief de gecorrigeerde variant waarbij de berekende bijdrage van maaisel op de kant is 'weggenomen'. Waterlichamen kunnen hiermee in drie groepen worden onderscheiden: (i) waterlichamen die het doel al halen op basis van het kental 2025; (ii) waterlichamen die het doel niet halen, maar die in de (hypothetische) situatie zonder maaisel op de kant in de buurt komen; en (iii) waterlichamen die ook na deze correctie ver boven het doel blijven. Er zijn geen KRW-waterlichamen die de doelen halen door het afvoeren van het maaisel op de kant.

4.2 Doelbereik totaal stikstof

Voor N laat Figuur 4-1 zien dat de correctie voor 'maaisel op de kant verwijderd' in de meeste waterlichamen slechts beperkt effect heeft op de nutriënten-oordelen voor 2025, wat aansluit bij de uitkomsten in hoofdstuk 4 (relatieve bijdrage aan N is doorgaans klein).

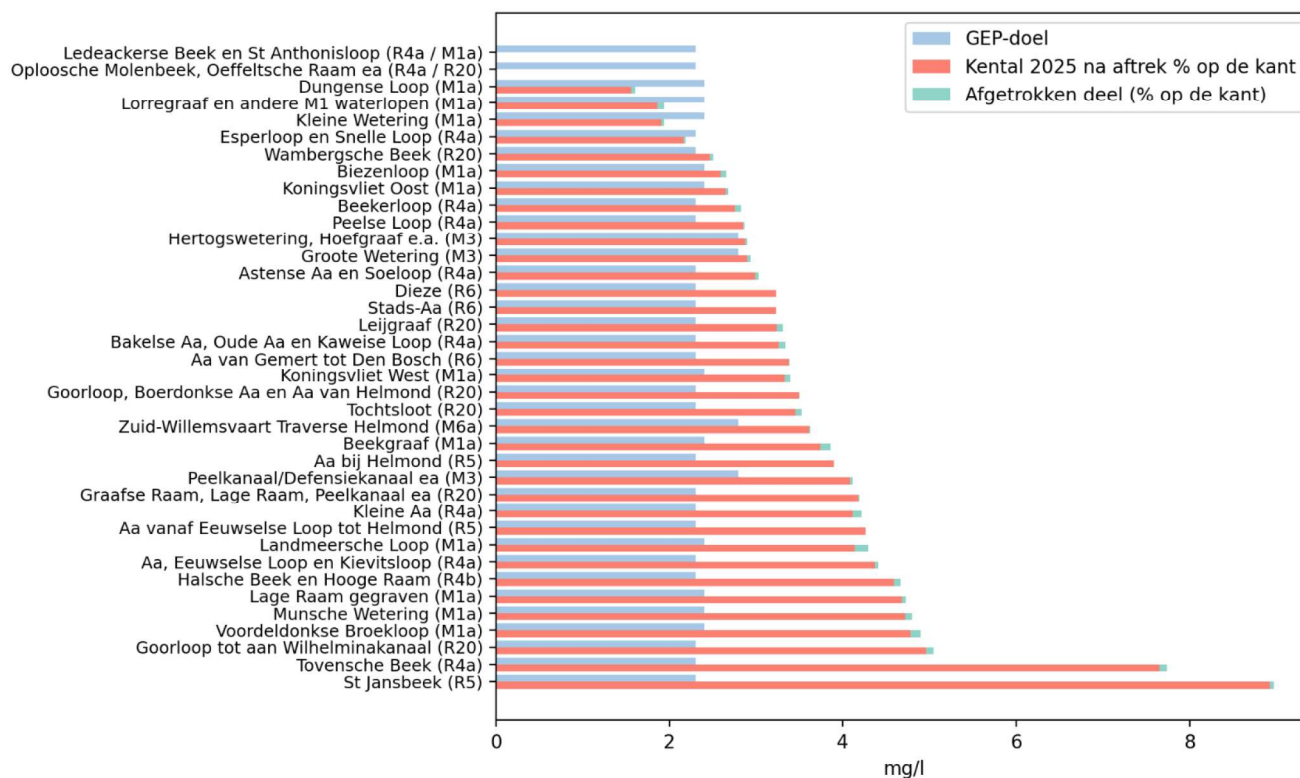
Tegelijkertijd kan maaisel afvoeren wel bijdragen om de afstand tot het GEP-doel te verkleinen. Het afvoeren van maaisel op de kant is niet voldoende als zelfstandige maatregel, maar kan het wel bijdragen als onderdeel van een breder pakket.

4.3 Doelbereik totaal fosfor

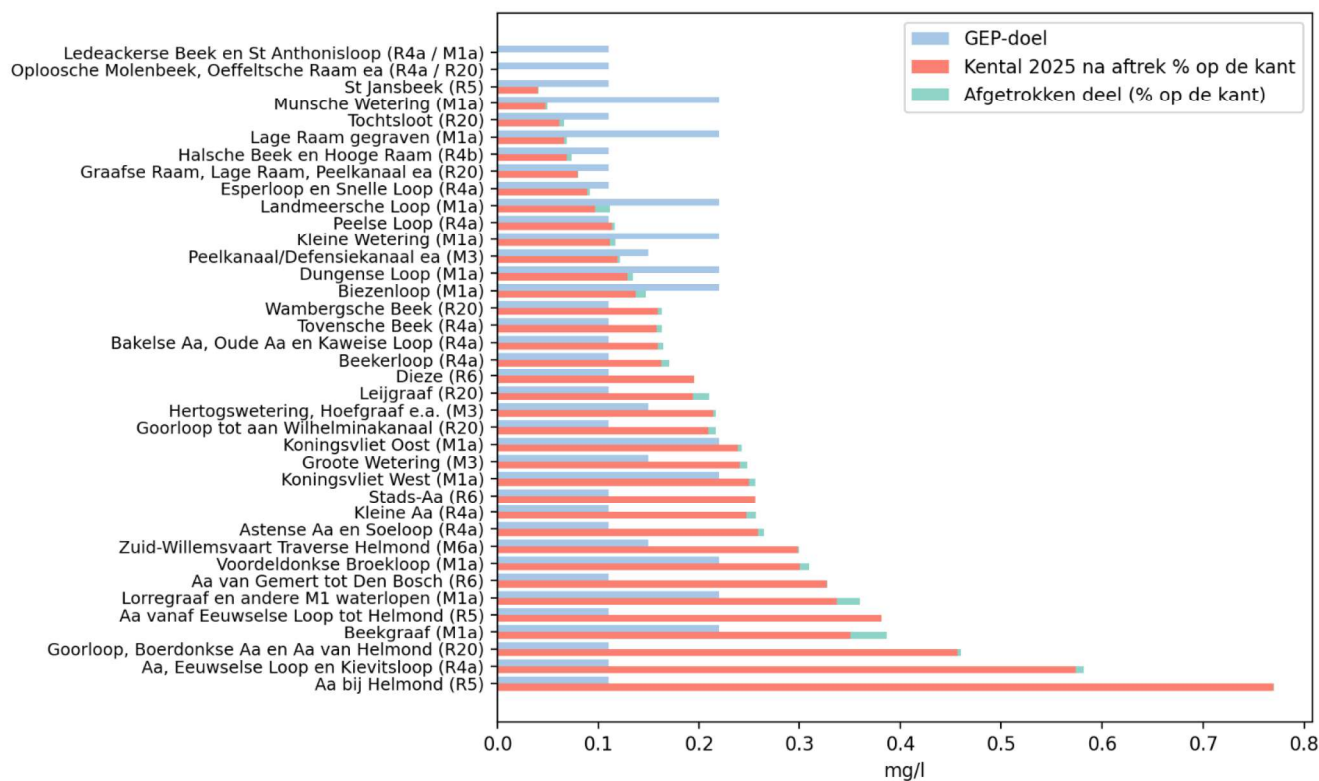
Voor P is de berekende relatieve bijdrage van maaisel op de kant in hoofdstuk 4 groter dan voor N, waardoor de effecten van het afvoeren van maaisel in Figuur 4-2 in een aantal gevallen ook zichtbaarder kan zijn. Dit betekent dat het afvoeren van maaisel op de kant voor fosfor in principe een grotere 'hefboom' kan hebben in waterlichamen waar de totale P-belasting laag is en waar de berekende maaiselbijdrage relatief groot is. Tegelijkertijd geldt ook hier dat veel waterlichamen (ruim) boven het GEP-doel blijven, waardoor aanvullend bron- en/of inrichtingsmaatregelen nodig blijven. De figuur ondersteunt daarmee de afweging waar 'maaisel afvoeren' kansrijk is als onderdeel van het maatregelenpakket en waar het effect vooral marginaal zal zijn.

4.4 Implicaties voor prioritering en vervolg

De resultaten in dit hoofdstuk bieden een eerste schifting voor de maatregel 'maaisel afvoeren'. In waterlichamen uit categorie (ii) (waar het doel in de indicatieve doorkijk bijna gehaald kan worden) ligt de maatregel het meest voor de hand om nader uit te werken, omdat de potentiële winst direct aan het doelbereik kan bijdragen. Voor waterlichamen uit categorie (iii) kan afvoeren van maaisel nog steeds zinvol zijn (bijv. voor oeververshraling, veiligheid of als bijdrage binnen een breder pakket), maar is de verwachting dat aanvullende maatregelen nodig blijven om het nutriëntendoel te halen.



Figuur 4-1 Doel (GEP) en de nutriënten-oordelen voor 2025 voor N, inclusief indicatieve correctie bij volledig verwijderen van maaissel op de kant.

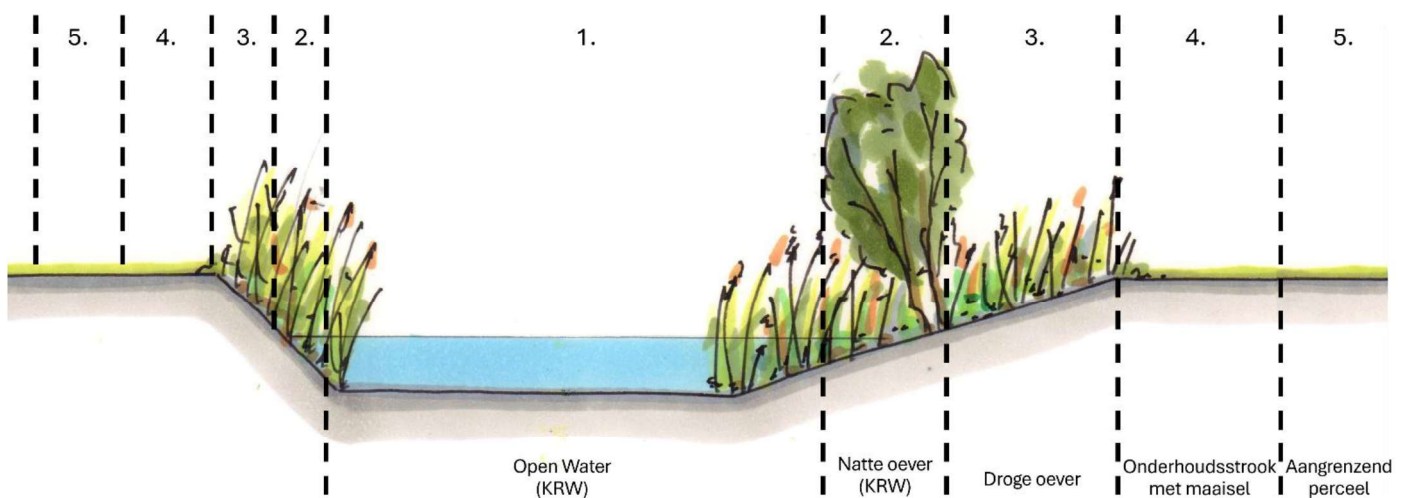


Figuur 4-2 Doel (GEP) en de nutriënten-oordelen voor 2025 voor P, inclusief indicatieve correctie bij volledig verwijderen van maaissel op de kant.

5 Effect van achterblijvend maaisel op ecologie

Het achterblijven van maaisel aan de rand van de watergang kan zowel invloed hebben op de waterkolom als op het terrestrische milieu, waaronder de droge en natte oevers en onderhoudsstroken. In dit hoofdstuk worden de effecten van achtergebleven maaisel op de ecologie op deze vier locaties (zie Figuur 5-1) geëvalueerd, evenals de mogelijke ecologische gevolgen bij het afvoeren van het maaisel. Het aangrenzend perceel is in deze studie niet meegenomen.

EKR-scores zijn alleen bepaald op meetpunten die overlappen met een KRW-waterlichaam. Voor unieke soorten is gekeken naar alle meetpunten die binnen een maaivak vallen, ook buiten KRW-waterlichamen. Daarom zijn in de visualisatie EKR-scores ingedeeld op KRW-type en het aantal unieke soorten op jaarbasis.



Figuur 5-1 De verschillende zones binnen het dwarsprofiel van een waterlichaam. Zone 1 en 2 (open water en natte oever) dragen bij aan de KRW. Zone 5 (aangrenzend perceel) wordt niet meegenomen in voorliggende studie (bron: interne communicatie waterschap).

Antwoorden vragenlijst overige waterschappen

Zoals eerder genoemd, is ook een vragenlijst uitgezet bij vijf andere waterschappen, om te kunnen leren van hun ervaringen en oplossingen. De antwoorden hiervan staan in Bijlage A. Het blijkt dat ook andere waterschappen de ecologische effecten van het al dan niet afvoeren van maaisel kwalitatief of kwantitatief kunnen duiden. Wel worden de volgende zaken herkend of meegenomen in de praktijk:

- In het maaiselbeleid wordt bij meerdere waterschappen (De Dommel en Drents Overijsselse Delta) het maaisel afgevoerd om de biodiversiteit te versterken, of wanneer het bijdraagt aan het realiseren van vastgestelde natuurdoelstellingen*
- Bij Waterschap Limburg is nog niet het effect op nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater door het laten liggen van maaisel op de kant onderzocht. Het waterschap heeft wel de beschikbare data om een dergelijk onderzoek uit te voeren.*
- Waterschap Hunze en Aa's geeft aan dat de verwerking van maaisel op onderhoudspaden betekent dat nutriënten daar accumuleren en het een voedselrijke omgeving betreft wat voor de veiligheid regelmatig gemaaid moet worden.*

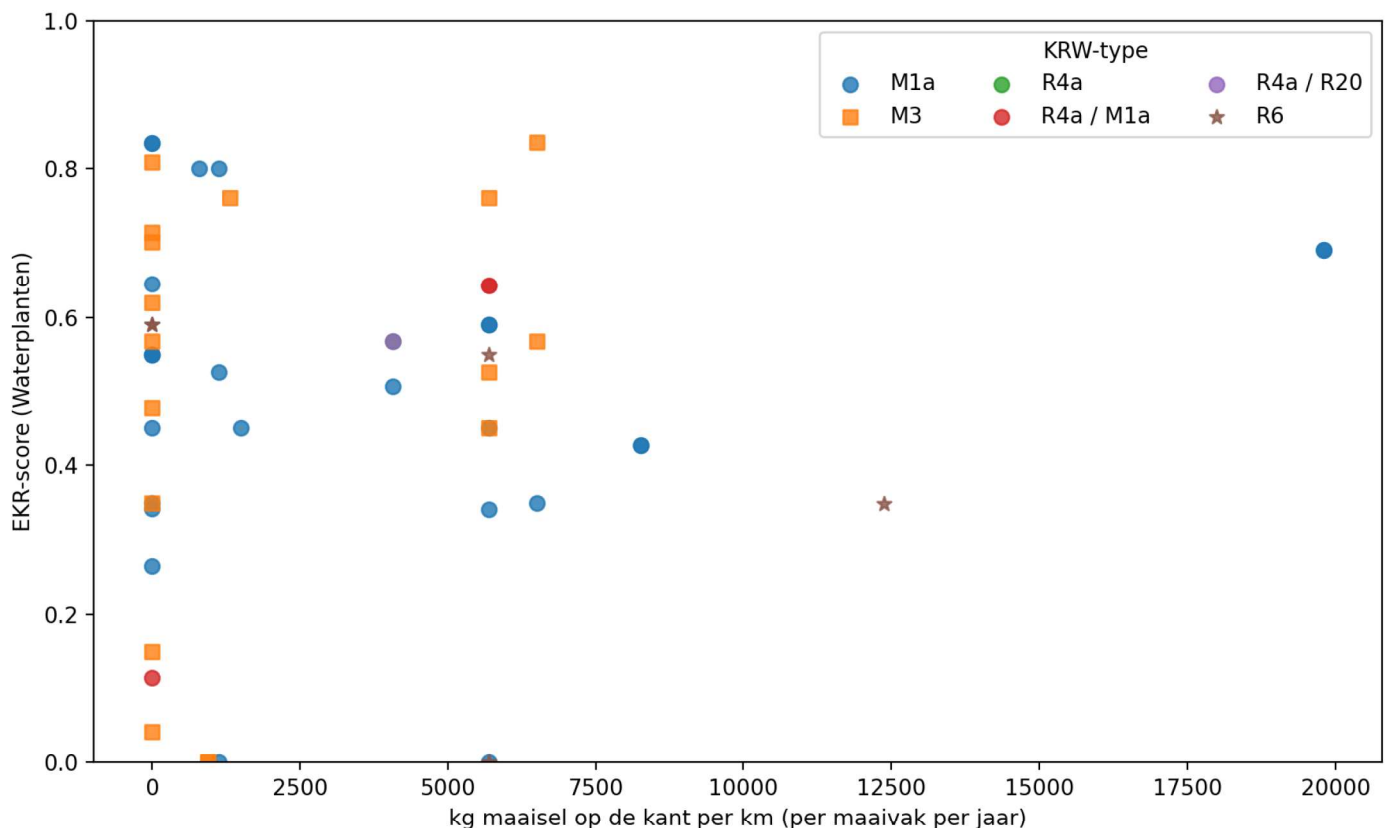
5.1 Open water

5.1.1 KRW-maatlatten

Het effect van achterblijvend maaisel op de KRW-maatlat in de waterkolom wordt voornamelijk veroorzaakt door nutriënten. Door maaisel af te voeren, komen er minder nutriënten in het water terecht (zie hoofdstuk 3), waardoor het bereiken van het KRW-doel voor nutriënten iets dichterbij komt (zie hoofdstuk 4).

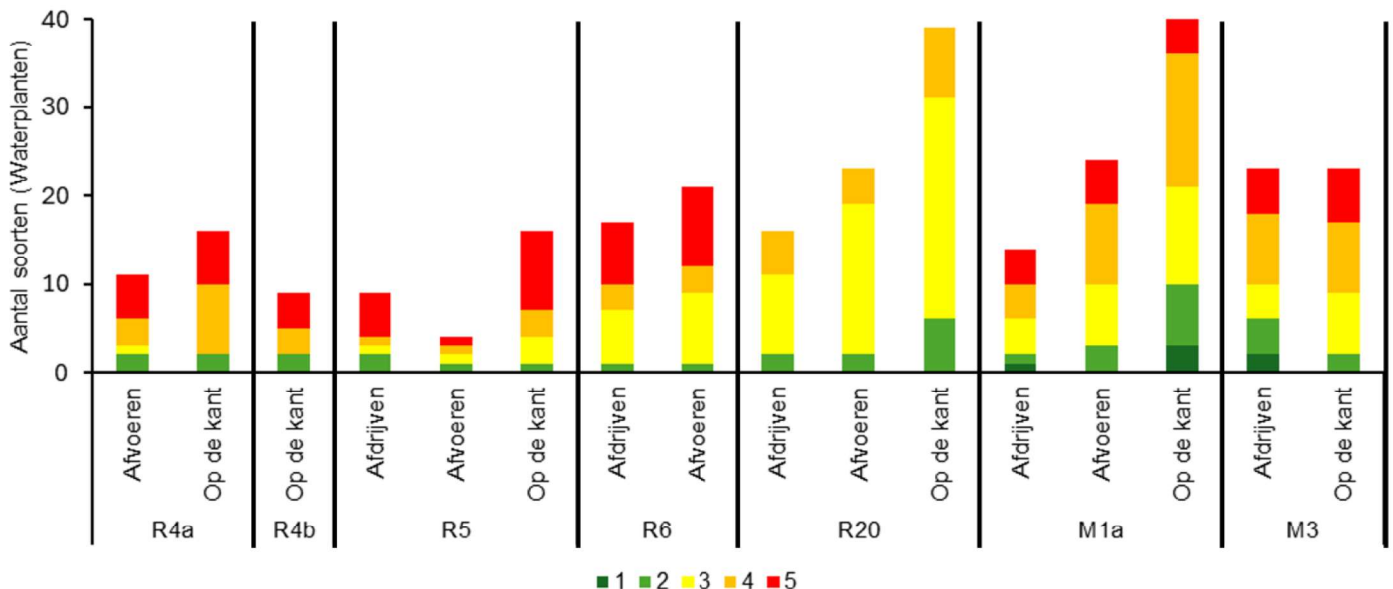
Er zijn veel meer pressoren die de groei van waterplanten beïnvloeden dan het al dan niet afvoeren van maaisel, zoals beschaduwing, toxiciteit, nutriënten (vanuit meer bronnen dan enkel maaisel), stroming, peilbeheer, waterdiepte en troebelheid (Deltares, 2024). Samen bepalen deze factoren welke soorten waterplanten in welke hoeveelheid voorkomen. Omdat de bijdrage van nutriënten uit het maaisel klein is ten opzichte van andere bronnen, zal het verwijderen van een beperkte hoeveelheid stikstof en fosfor naar verwachting slechts een beperkt effect hebben op de ecologische KRW-maatlatten.

Het effect van een vermindering van nutriënten op de EKR-scores varieert per watertype. In langzaam stromende wateren (R4, R6) resulteert een verlaging van totaal stikstof en totaal fosfor doorgaans in een marginaal effect en soms zelfs in een lichte daling van de EKR-score voor zowel overige waterflora, macrofauna als vissen. Voor deze watertypen hebben inrichtingsmaatregelen naar verwachting het grootste effect op de biologische toestand (Royal HaskoningDHV, 2020). In sloten (M1) leidt een afname van totaal stikstof en fosfor echter consistent tot een verbetering van de EKR-score bij overige waterflora, macrofauna en vissen, waarbij nutriënten duidelijk bepalend zijn voor de EKR-score (Royal HaskoningDHV, 2020). Ditzelfde patroon wordt waargenomen in kanalen (M3, M6). Figuur 5-2 geeft de EKR-scores (soortensamenstelling) van waterplanten weer op meetpunten waar maaisel al dan niet op de kant blijft liggen. Omdat de data waarop Figuur 5-2 is gebaseerd niet normaal is verdeeld en bestaat uit een relatief kleine hoeveelheid datapunten, kan geen statistische analyse worden uitgevoerd op het effect van het laten liggen van maaisel op de EKR-score. Op het eerste gezicht is geen verschil te zien in EKR-score wanneer maaisel op de kant ligt of niet. Binnen M1a en R6 is visueel hooguit te zien dat de EKR-score lager is bij een hoger aantal kg maaisel op de kant, maar het aantal datapunten is beperkt.



Figuur 5-2 EKR-score (soortensamenstelling) van de waterplanten uitgezet tegen de hoeveelheid maaisel wat op de kant ligt.

Wanneer wordt gekeken naar het aantal waterplanten-soorten dat positief of negatief bijdraagt aan de EKR-score (Figuur 5-3) is te zien dat bij een aantal KRW-typen, R4a en R5, er meer negatieve soorten zijn wanneer het maaisel op de kant blijft liggen. Bij de andere KRW-typen is dit niet duidelijk te zien. In sommige gevallen zijn juist meer positieve soorten gevonden, zoals in R20 en M1a. Let wel, ook hier spelen veel meer factoren dan enkel het al dan niet laten liggen van maaisel op de kant een rol in de aanwezigheid van negatieve waterplanten-soorten.

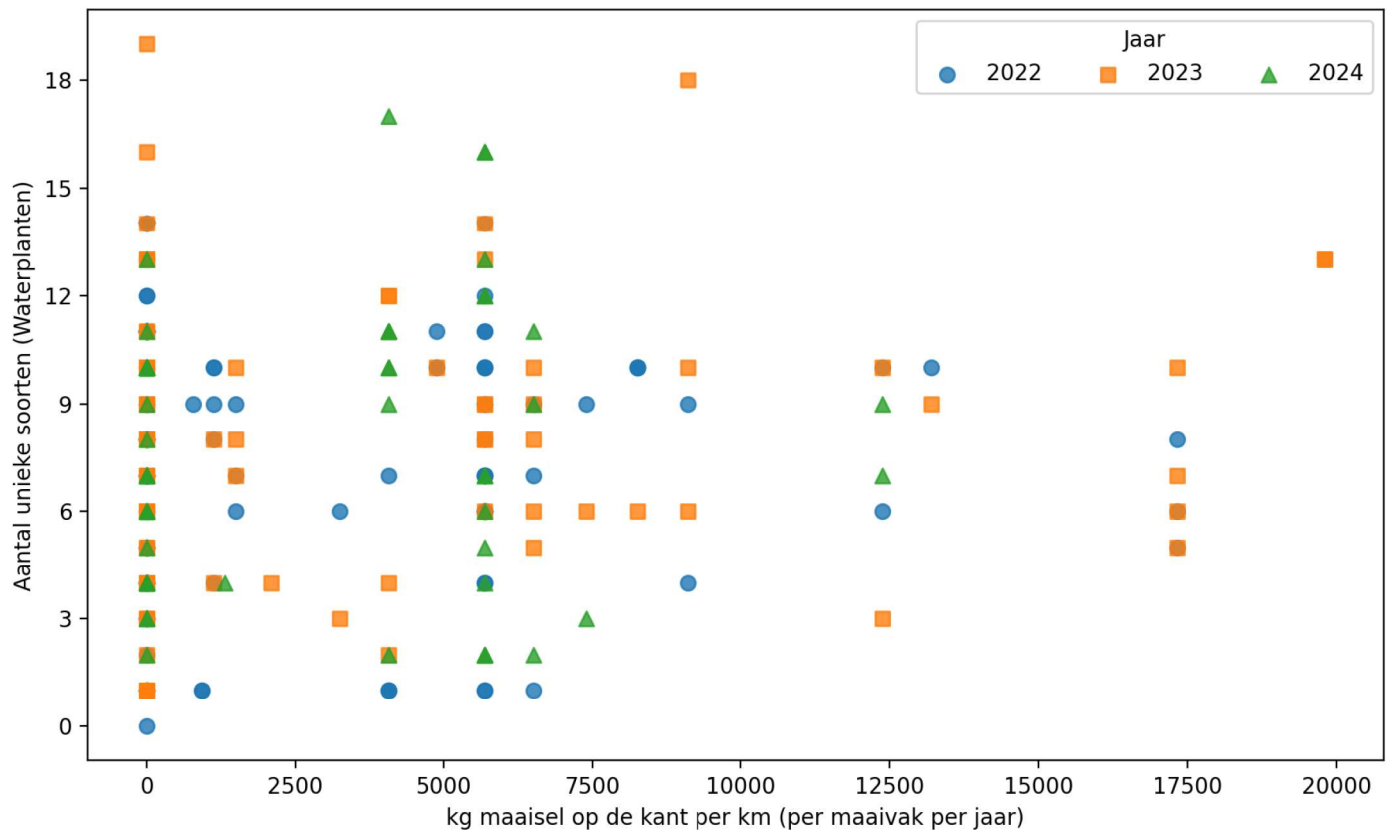


Figuur 5-3 Het aantal waterplanten-soorten per categorie van de KRW, waarbij soorten binnen categorie 1 en 2 positief bijdragen aan de EKR-score, binnen categorie 3 neutraal en binnen categorie 4 en 5 negatief. De onderverdeling is gemaakt tussen KRW-typen en tussen het afvoeren van maaisel, het afdrijven van maaisel of het laten liggen van maaisel op de kant.

5.1.2 Ecologie en biodiversiteit

Hoewel het effect van maaisel op de nutriëntenbalans (en daarmee op de KRW-maatlatten) naar verwachting beperkt is (zie §5.1.1 en hoofdstuk 3), kan het afvoeren van maaisel in theorie wél bijdragen aan lokale verschraving in de waterkolom, doordat nutriënten uit het systeem worden verwijderd. Of en in welke mate dit zich vertaalt naar een hogere biodiversiteit is in deze studie verkennend bekeken met behulp van het aantal unieke emerse en submerse plantensoorten. Tijdens de plantenopname zijn vooral emerse soorten gevonden, en wanneer submerse soorten zijn gevonden, zitten die vaak ook in de emerse zone. De emerse zone lijkt dus het meest bij te dragen aan het aantal soorten waterplanten. Figuur 5-4 laat zien dat locaties met minder maaisel op de kant gemiddeld genomen niet méér unieke waterplanten-soorten hebben. Tegelijkertijd is de spreiding groot en is de verdeling van meetpunten over het bereik van maaisel ongelijk, waardoor op basis van deze figuur geen harde conclusies kunnen worden getrokken over een causaal effect van maaisel op soortenrijkdom.

Aanvullend op deze verkennende data-analyse beschrijft de literatuur meerdere ecologische mechanismen die kunnen optreden rondom maaien en achterblijvend maaisel. Zo kan achtergebleven organisch materiaal in de watergang afbreken, waardoor de zuurstofvraag toeneemt en het zuurstofgehalte (tijdelijk) kan dalen; hoe meer organisch materiaal, hoe groter de potentiële zuurstofvraag (Ter Heerdt, 2010). Dit risico is naar verwachting kleiner wanneer maaisel direct wordt verwijderd (bijv. maaien met korf en afvoer) en groter wanneer na maaien biomassa in het water achterblijft of (deels) in het water terechtkomt, bijvoorbeeld bij afdrijven na maaibootbeheer. Daarnaast wordt in de literatuur beschreven dat ondergedoken waterplanten die niet worden afgevoerd in veel gevallen (deels) kunnen uitlopen, waarbij vooral snelgroeïende soorten als hoornblad, sterrekroos en waterpest kunnen profiteren van de vrijgekomen ruimte en de impuls (Ter Heerdt, 2010). Dit geldt ook voor exoten zoals grote watermavel en watercrassula. In combinatie met herhaalde maaicycli kan dit bijdragen aan het in stand houden van een ecologisch ongunstige situatie (STOWA, 2018c). Deze literatuurbevindingen sluiten aan bij praktijkervaringen die in de klankbordoverleggen zijn gedeeld, waarin is besproken dat een impuls van nutriënten na maaien samen met veel beschikbare ruimte de hergroei van dominantere soorten kan versterken.



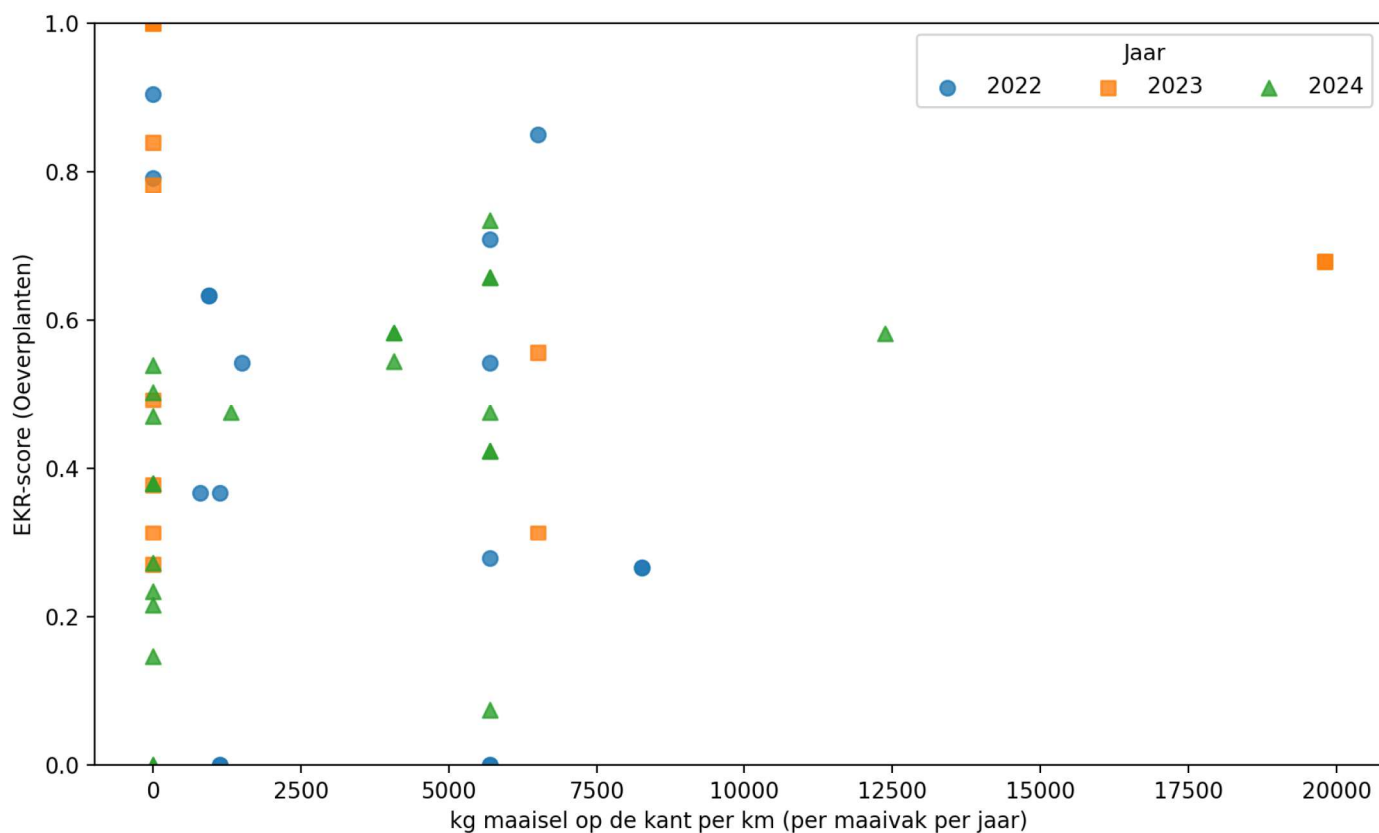
Figuur 5-4 Het aantal unieke emerse en submerse plantensoorten uitgezet tegen de hoeveelheid maaisel wat op de kant ligt. Het gaat hierbij om alle soorten die zijn gevonden tijdens de opname, niet alleen om de soorten die daadwerkelijk meetellen in de KRW-maatlat.

5.2 Natte oever

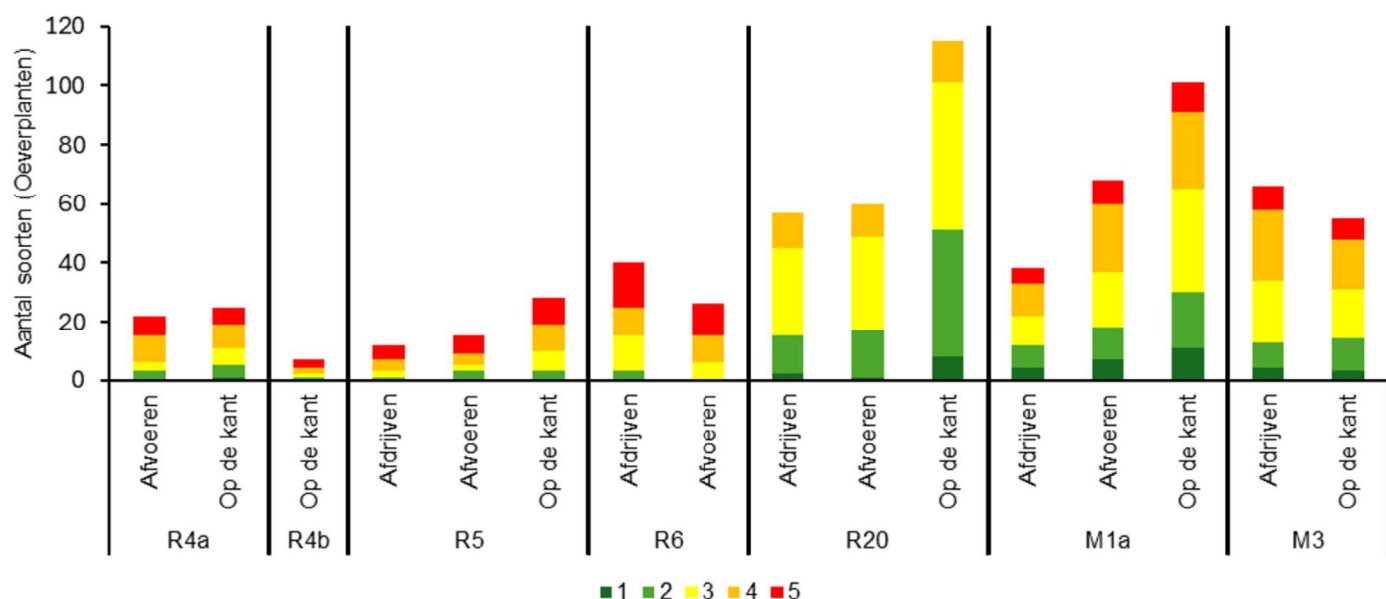
5.2.1 KRW-maatlatten

Hoe oevers worden meegenomen in de KRW-beoordeling verschilt per watertype en maatlat. In stromende wateren (zoals R-typen) speelt de oevervegetatie in de macrofytenmaatlat doorgaans een beperkte rol; de beoordeling richt zich daar vooral op de waterzone en op structuurkenmerken (zoals de aanwezigheid van opgaande houtige begroeiing langs de watergang). Daardoor kan een waterlichaam ecologisch nog steeds relatief gunstig scoren op de KRW-maatlat, ook wanneer delen van de oever lokaal zijn vervuigd (Royal HaskoningDHV, 2020). Voor sloten en kanalen (M1, M3, M6) is de oevercomponent in de maatlat bovendien minder robuust, omdat oevervegetatie sterk kan worden beïnvloed door het aangrenzende grondgebruik en omdat het oeverareaal lastig eenduidig te begrenzen is (zie hoofdstuk 3). Tegen deze achtergrond is Figuur 5-5 te lezen als een verkennende toets: de EKR-score (soortensamenstelling) voor oeverplanten vertoont geen eenduidige relatie met de hoeveelheid maaisel op de kant. Let op: het deel van de oever dat meetelt voor KRW opgave (waterlijn tot insteek), is niet het deel waarop het maaisel wordt neergelegd.

Wanneer wordt gekeken naar het aantal oeverplanten-soorten dat positief of negatief bijdraagt aan de EKR-score (Figuur 5-6) is te zien dat bij een enkel KRW-type, R5, er meer negatieve soorten zijn wanneer het maaisel op de kant blijft liggen. Bij de andere KRW-typen is dit niet duidelijk te zien. In sommige gevallen zijn juist meer positieve soorten gevonden, zoals in R20 en M1a. Let wel, ook hier spelen veel meer factoren dan enkel het al dan niet laten liggen van maaisel op de kant een rol in de aanwezigheid van negatieve oeverplanten-soorten.



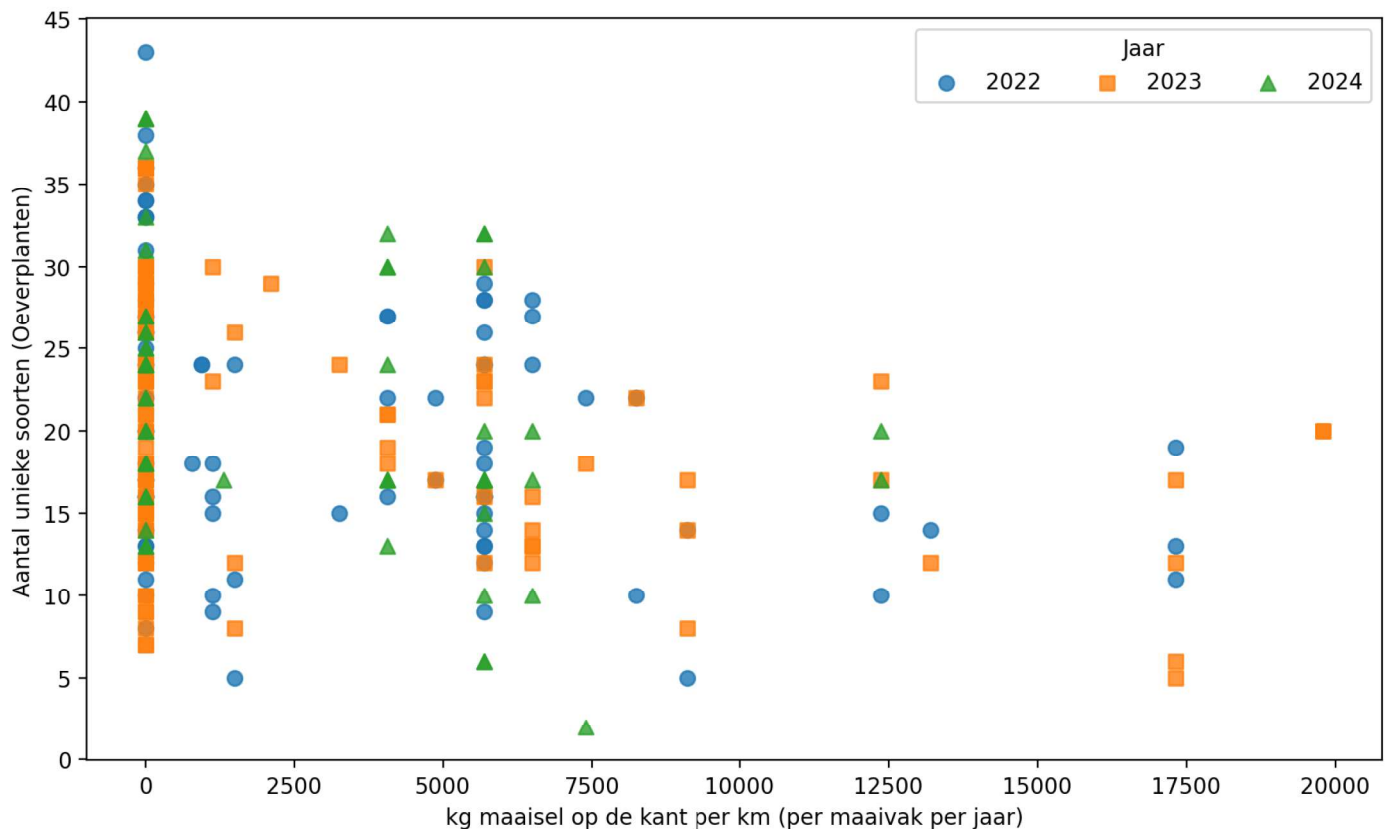
Figuur 5-5 EKR-score (soortensamenstelling) van oeverplanten uitgezet tegen de hoeveelheid maaisel wat op de kant ligt.



Figuur 5-6 Het aantal oeverplanten-soorten per categorie van de KRW, waarbij soorten binnen categorie 1 en 2 positief bijdragen aan de EKR-score, binnen categorie 3 neutraal en binnen categorie 4 en 5 negatief. De onderverdeling is gemaakt tussen KRW-typen en tussen het afvoeren van maaisel, het afdrijven van maaisel of het laten liggen van maaisel op de kant.

5.2.2 Ecologie en biodiversiteit

De verkennende data-analyse (Figuur 5-7) laat zien dat hogere aantallen unieke oeverplantensoorten vooral voorkomen bij lagere hoeveelheden maaisel op de kant. Dit past bij het theoretische mechanisme dat een dikke laag maaisel verstorend kan werken (o.a. bedekking en afsterven van soorten), waarna open plekken relatief snel door pionier- en ruigtesoorten kunnen worden ingenomen (Van der Hulst, 2008). Tegelijkertijd is de spreiding groot en kunnen factoren als aangrenzend landgebruik, schaduw, peilbeheer en onderhoudsintensiteit de relatie mede bepalen.





Figuur 5-8 Foto's met voorbeelden van (links, sloot bij Overloon) een maaiselwal langs de oever en (rechts, sloot bij Beers) een laag organisch materiaal op de oever, bij verschillende waterlopen (bron: interne communicatie waterschap).

Hoewel oeververruiging bij het laten liggen van maaisel in de praktijk vaak wordt genoemd, is dit effect in de beschikbare literatuur nog beperkt kwantitatief onderbouwd. De foto's in Figuur 5-9 zijn daarom bedoeld als illustratieve voorbeelden van situaties waarin maaisel is blijven liggen versus is afgevoerd; andere factoren (zoals aangrenzend landgebruik, schaduwwerking en lokale vocht- en bodemcondities) kunnen daarbij ook een rol spelen.



Figuur 5-9 Foto's van twee watergangen in rayon Koningsvliet, waarbij op de linkeroevers het maaisel is blijven liggen, en op de rechteroevers het maaisel is afgevoerd (bron: interne communicatie waterschap).

Figuur 5-10 geeft enkele voorbeelden van oeverbegroeiing op locaties waar maaisel op de kant is blijven liggen. Op de foto's zijn onder meer brandnetels en bramen herkenbaar.



Figuur 5-10 Voorbeelden van oeververruiging bij vier verschillende waterlopen (sloten nabij Beers) (bron: interne communicatie waterschap).

Een aanvullend aandachtspunt is dat achterblijvend maaisel ook kan bijdragen aan de vestiging en verspreiding van ongewenste soorten langs oevers en onderhoudspaden. Dit kan doordat wortelstokken en plantfragmenten opnieuw uitlopen, of doordat zaden in of op het maaisel worden meegevoerd en na enige tijd kiemen. In LERM3 is bijvoorbeeld waargenomen dat na circa twee weken onkruidzaadjes uit maaisel kunnen ontkiemen en dat soorten als kweek en brandnetel via respectievelijk wortelstokken en zaden kunnen bijdragen aan extra onkruiddruk (Waterschap Aa en Maas, 2012). Bij trajecten met bekende probleemsoorten (inclusief invasieve exoten) ligt het daarom voor de hand om maaisel bij voorkeur af te voeren.

5.4 Onderhoudsstroken

Onderhoudsstroken maken geen onderdeel uit van de KRW-maatlat. Voor de formele KRW-beoordeling maakt het daarom niet uit of maaisel op de onderhoudsstrook blijft liggen of wordt afgevoerd (afgezien van de indirecte bijdrage via de stroom van nutriënten naar de watergang). De staat van de onderhoudsstrook is echter wél relevant vanuit beheerdoelen zoals veiligheid, bereikbaarheid en ecologische waarde, zeker wanneer deze eigendom van het waterschap is.

Wanneer maaisel op onderhoudsstroken wordt verwerkt en blijft liggen, kunnen nutriënten lokaal accumuleren en ontstaat een zeer voedselrijke groeiplaats. Dit kan leiden tot snelle verruiging, waardoor onderhoudsstroken minder overzichtelijk en lastiger (veilig) te maaien of te berijden worden. Vanuit praktijkervaringen bij diverse waterschappen (antwoorden op vragenlijst) volgt dat dit vaak leidt tot de noodzaak om vaker of intensiever te maaien om de veiligheid te borgen. Als het maaisel vervolgens opnieuw blijft liggen, worden opnieuw nutriënten toegevoegd en blijft er

bovendien veel biomassa achter; samen met de vrijgekomen ruimte kan dit de dominantie van snelgroeiende soorten verder versterken. Zo kan een vicieuze cirkel ontstaan van verruiging en extra onderhoud. Figuur 5-11 laat voorbeelden zien van onveilige situaties die kunnen optreden wanneer onderhoudsstroken verruigen door achterblijvend maaisel.

Naast veiligheid kan het beheer van onderhoudsstroken ook kansen bieden voor biodiversiteit, mits dit past binnen de functie van het pad. In beekdalen komen veel overgangszones voor; verbetering of behoud van een kruidenrijke strook langs het water kan (lokaal) bijdragen aan de samenhang tussen zones en daarmee aan algemene biodiversiteitsdoelen. Onderhoudsstroken die in eigendom zijn van het waterschap kunnen hiervoor een aangrijpingspunt zijn, bijvoorbeeld door maaisel afvoeren te combineren met een passend maaibeheer (timing/frequentie) dat kruidenontwikkeling stimuleert. Dit staat los van de formele KRW-beoordeling, maar kan wel als nevenopgave worden meegenomen bij de afweging van onderhoudsmaatregelen.



Figuur 5-11 Voorbeelden van onveilig maaien door verruiging van de onderhoudsstrook na het laten liggen van maaisel (bron: interne communicatie waterschap).

5.5 Overige ecologische effecten: adulte macrofauna

De oever telt in de praktijk indirect mee in de ecologische beoordeling, bijvoorbeeld via indicatoren voor volwassen/uitgevlogen macrofauna (Royal HaskoningDHV, 2020). Volwassen aquatische insecten gebruiken de oeverzone onder meer om te foerageren, te schuilen en zich voort te planten. Het type en de structuur van de vegetatie in de oeverzone kan daarbij een belangrijke rol spelen voor een succesvolle overleving (STOWA, 2024). Vanuit dit perspectief is het aannemelijk dat het laten liggen van maaisel op de oever (en in mindere mate op werkpaden) de kwaliteit van de terrestrische habitat voor adulte macrofauna kan verminderen, bijvoorbeeld door homogenisering van de vegetatiestructuur en een afname van kruidenrijke overgangszones, waardoor het habitat als geheel minder aansluit bij de habitatvoorkeuren van diverse macrofaunasoorten. Dit sluit aan op de bevindingen in §6.2 en §6.3, waar is beschreven dat achterblijvend maaisel verruiging kan stimuleren en daarmee beheerdoelen en biodiversiteitsdoelen kan beïnvloeden.

6 Conclusies en aanbevelingen

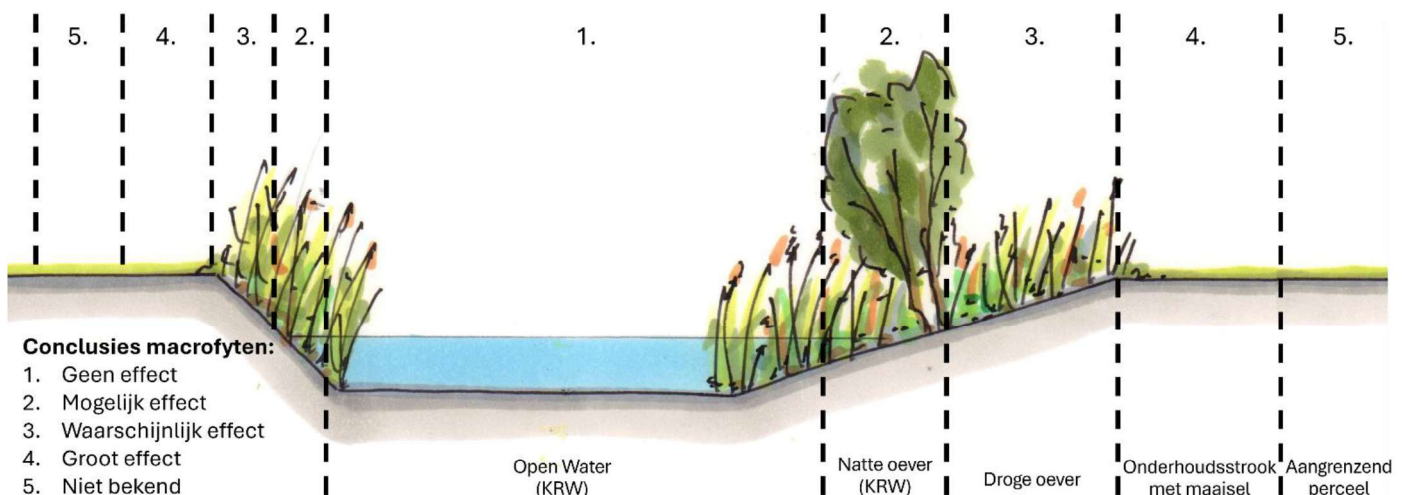
Dit hoofdstuk vat de belangrijkste bevindingen uit deze bureaustudie samen en vertaalt deze naar een handelingsperspectief voor maaiselbeheer. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen (i) het effect op de nutriëntenbelasting en het nutriënten-doelbereik (hoofdstuk 3 en 4) en (ii) de ecologische effecten op water, oever en onderhoudsstroken (hoofdstuk 5). De aanbevelingen zijn bedoeld als richtinggevend kader voor prioritering; door de onzekerheden en het verkennende karakter van delen van de analyse (§3.3 en hoofdstuk 5) blijft lokale kennis van beheerders essentieel.

6.1 Samenvatting bevindingen

(Doel 1 – nutriënten) De berekeningen laten zien dat maaisel dat op de kant blijft liggen kan bijdragen aan de nutriëntenbelasting, maar dat de bijdrage in veel waterlichamen naar verwachting zeer beperkt is. De gepresenteerde waarden zijn bedoeld als orde-grootte. Voor stikstof is de relatieve bijdrage doorgaans klein; voor fosfor is het relatieve aandeel doorgaans ook klein, maar kan het in enkele waterlichamen hoger uitvallen, met name wanneer de totale P-belasting laag is (hoofdstuk 3 en §4.3).

(Doel 1 – doelbereik nutriënten) De indicatieve doorkijk naar het nutriënten-doelbereik laat zien dat het volledig en direct afvoeren van maaisel op de kant voor N en P in de meeste waterlichamen slechts beperkt verschuift. Het verkleint de afstand tot het GEP-doel, maar op basis van de huidige doorkijk worden de doelen niet 'ineens' gehaald door alleen maaisel af te voeren. Dit betekent dat maaiselafvoer vooral kansrijk is als onderdeel van een breder maatregelenpakket (hoofdstuk 4).

(Doel 2 – ecologie) De ecologische duiding laat zien dat effecten van het al dan niet afvoeren van maaisel in de waterkolom (zone 1, Figuur 6-1) (via nutriënten) naar verwachting beperkt zijn en in de EKR-score niet eenduidig naar voren komen. In de verkennende soortenanalyses is voor natte oevers (zone 2) een verschuiving zichtbaar richting lagere biodiversiteit bij hogere maaiselhoeveelheden op de kant, al komt blijft de spreiding groot en zijn andere factoren (zoals landgebruik en beschaduwing) medebepalend. Voor droge oevers (zone 3 en 4) en onderhoudsstroken is het beeld consistent: zowel literatuur als praktijkervaringen en fotovoorbelden wijzen erop dat het laten liggen van maaisel kan bijdragen aan verzuivering en homogenisering van de vegetatie. Vanuit ecologisch perspectief is afvoer daarmee vooral relevant als maatregel gericht op verschralling en oeverkwaliteit (hoofdstuk 5).



Figuur 6-1 De verschillende zones binnen het dwarsprofiel van een waterlichaam met daarbij de conclusies voor macrofyten wat betreft het effect van het al dan niet afvoeren van maaisel. Zone 1 en 2 (open water en natte oever) dragen bij aan de KRW. Zone 5 (aangrenzend perceel) wordt niet meegenomen in voorliggende studie (bron: interne communicatie waterschap).

(Doel 3 – handelingsperspectief) Op basis van bovenstaande bevindingen kan maaiselafvoer worden gezien als een maatregel met potentiële meerwaarde voor (i) lokale nutriëntenreductie (met name P in specifieke waterlichamen), (ii) oeververschralling en het beperken van verzuivering, en (iii) beheerdoelen zoals veiligheid en soortenrijkdom op onderhoudspaden. Tegelijkertijd is de bandbreedte in absolute effecten groot door onzekerheden in tonnages, emissiefracties en ruimtelijke toerekening.

6.2 Handelingsperspectief

Op basis van deze studie is het nog niet eenvoudig om een concreet handelingsperspectief te formuleren. Dit hangt namelijk onder andere af van de meerwaarde van het afvoeren van maaisel ten opzichte van andere maatregelen. De resultaten laten in elk geval zien dat het afvoeren van maaisel ten behoeve van de KRW kan bijdragen aan 1.7% [0 – 4.56%] lagere stikstofbelasting en 4% [0 – 13.8%] lagere fosforbelasting, gemiddeld genomen over alle waterlichamen. Daarnaast lijkt enig effect van het afvoeren van maaisel op soortenrijkdom op de natte oevers op te treden, met een hogere biodiversiteit op de natte oevers en verschralling van de droge oevers en onderhoudsstroken tot gevolg.

Het uiteindelijke handelingsperspectief, dat zich richt op de vraag waar en wanneer het afvoeren van maaisel de meeste meerwaarde oplevert, is afhankelijk van verschillende factoren, zoals de meerwaarde ten opzichte van andere maatregelen, de te verwachten ecologische winst en de nadelen van maaiselafvoer (bijvoorbeeld extra CO₂-uitstoot). Een integrale afweging van deze aspecten kan worden gemaakt met behulp van een maatschappelijke kosten-batenanalyse. Voor een goede onderbouwing hiervan is aanvullend onderzoek nodig naar de kwantitatieve ecologische effecten op de droge oever en het aangrenzende talud. Deze inzichten dienen te worden meegenomen in de kosten-batenanalyse.

Indien het waterschap besluit om maaiselafvoer toe te passen, kunnen de volgende criteria worden gebruikt om geschikte locaties te selecteren:

- Waterlichamen die liggen in of nabij trajecten met een ecologische opgave, zoals beekherstel (natuur of verweven), natuurvriendelijke oevers of ecologische verbindingzones;
- Situaties waarin bij visuele inspectie sprake is van duidelijke oeververruiging, ophoping van maaiselwallen of veiligheidsproblemen op de onderhoudsstrook door het laten liggen van maaisel (zie hoofdstuk 5);
- Locaties waar het afvoeren van maaisel praktisch uitvoerbaar is, bijvoorbeeld in relatie tot bereikbaarheid, draagkracht van de bodem en afstand tot ontsluitingspunten;
- Waterlichamen waar de bijdrage van nutriëntenlekage vanuit maaisel op de oever relatief groot is ten opzichte van de totale belasting (zie hoofdstuk 3), en/of waar maaiselafvoer substantieel kan bijdragen aan het behalen van KRW-doelen (zie hoofdstuk 4).

Volgens deze studie zijn met name die waterlichamen of stroomgebieden waar meerdere van bovenstaande criteria samenkomen het meest kansrijk voor een eerste uitvoeringsronde.

Uitvoering: In de praktijk zijn er verschillende manieren om maaisel direct af te voeren of tijdelijk te verzamelen, afhankelijk van watgangtype, werkpadbreedte en logistiek. Figuur 6-2 laat voorbeelden zien van directe afvoeropties. In het algemeen geldt dat 'direct afvoeren' het meest aansluit bij het doel verschralling en het beperken van verruiging.

6.3 Aanbevelingen vervolgonderzoek

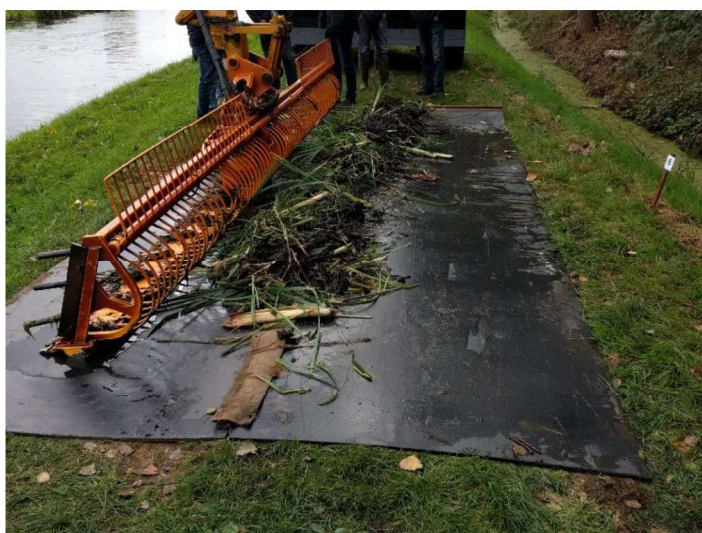
Deze bureaustudie maakt zichtbaar waar maaiselafvoer potentieel meerwaarde heeft, maar bevestigt ook dat de bandbreedte in effecten groot is door onzekerheden in kengetallen, ruimtelijke toerekening en de (verkennde) aard van de ecologische koppelingen. Aanbevolen wordt om vervolgonderzoek gefaseerd in te richten, gericht op het verkleinen van de grootste onzekerheden en het ondersteunen van uitvoeringskeuzes:

1) Meetprogramma kengetallen maaisel en emissie: verzamel en weeg maaisel per breedteklasse en maaicode (en onderscheid maaivak/werkpad) en bepaal per klasse droogstof en N/P-gehalte (ten behoeve van hoofdstuk 3 en 4).

2) Gerichte veldproeven oever en naastgelegen percelen: voer op een beperkt aantal prioritaire locaties (bij voorkeur binnen EVZ/NVO of beekhersteltrajecten) een 'voor/na' (of 'before-after-control-impact')-monitoring uit, waarbij trajecten met en zonder maaiselafvoer worden vergeleken onder vergelijkbare omgevingscondities (landgebruik, bodemsamenstelling, beschaduwning, hydrologie, etc.). Monitor niet alleen verruiging en bedekking, maar ook op biodiversiteitsindicatoren (o.a. soortenrijkdom, soortensamenstelling, structuurvariatie, etc.). Dit geeft inzicht in de mate waarin maaiselafvoer bijdraagt aan het terugdringen van (dominantie van) ruigtesoorten en het bevorderen van soortenrijke (oever)vegetaties. Met deze resultaten kunnen onderbouwde keuzes worden gemaakt voor maaiselbeheer als maatregel ter versterking van biodiversiteit in de verschillende oeverzones.



Figuur 6-2 Voorbeelden van manieren om maaisel direct af te voeren.



Referenties

- Deltares. (2024). *Ecologische waardenkaart macrofyten. In het beheergebied van Waterschap Aa en Maas.*
- Royal HaskoningDHV. (2020). *Gevoeligheidsanalyse van de KRW-Verkenner voor Waterschap Aa en Maas.*
- STOWA. (2010). *Handboek Hydrobiologie. Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nederlandse zoete en brakke oppervlaktewateren.*
- STOWA. (2018a). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de kaderrichtlijn water 2021-2027.* Rapport nr. 2018-49.
- STOWA. (2018b). *Omschrijving MEP en maatlatten voor sloten en kanalen voor de Kaderrichtlijn Water 2021-2027.* Rapport nr. 2018-50.
- STOWA. (2018c). *Ecologische sleutelfactoren bufferzone en waterplanten. Tussenrapportage.* Rapport nr. 2018-28.
- STOWA. (2024). *EBEO 2.0. Deelproject landschapskwaliteit.* Rapport nr. 2024-33.
- Ter Heerdt, G. (2010). *Natuurvriendelijk onderhoud en ecologische kwaliteit. Literatuuronderzoek naar de ideale frequentie van schonen en onderbouwing van het nut van het afvoeren van maaisel.* Waternet.
- Van der Hulst, W. (2008). *Maaiselonderzoek. Voorjaar 2004.* Waterschap Aa en Maas.
- Verdonschot, R., & Verdonschot, P. (2018). *Maatlatten voor doorstroommoerassen en moerasbeken.* Notitie Zoetwatersystemen, Wageningen Environmental Research.
- Waterschap Aa en Maas. (2012). *Evaluatie Landbouw Emissie Reducerende Maatregelen (LERM) fase 3.* ANV Groen Boxmeer, ANV Raamvallei, Agrarische Natuurvereniging Sint Tunnis, DLV Plant.
- WENR. (2019). *Bronnenanalyse nutriënten stroomgebied Maas.* Wageningen Environmental Research.
- Witteveen+Bos. (2021). *Onderzoek maaibeleid.* Commissie Rekenkamer Waterschap Rijn en IJssel.

Bijlage A Antwoorden op de vragenlijst

De vragen zijn onderverdeeld in verschillende onderdelen.

Algemeen onderhoud

Vraag	Hunze & Aa's	De Dommel	Drents Overijsselse Delta	Limburg
Hoeveel km leggerwaterlopen?	3600 km	30.000 km sloten en beken, 1800 km A-watgang in onderhoud WS	Ongeveer 4600 kilometer aan A watergangen, die het waterschap zelf onderhoudt. In totaal heeft WDOD 7500 km aan watergangen in beheer (alle categorieën samen)	Ongeveer 2720 km. Totaal aantal waterlopen 3053 km.
Hoeveel km daarvan met KRW-inrichtingsopgave?	R5: 270 km M-typen: 700 km	Totaal: 750 km KRW 290 km M type 77 km R3 184 km R4 173 km R5 175 km R6 Of: 378 km meandering 249 km natte natuurzone 112 km NVO Kilometers per per OWMtype M1a zoete gebufferde sloot: 211,65 Km M3 gebufferd regionaal kanaal: 13,43 Km M6a groot ondiep kanaal zonder scheepvaart: 8,62 Km M6b groot ondiep kanaal met scheepvaart: 8,40 Km R3 droogvallende langz str bovenloop zand: 77,46 Km R4 permanent langz, str. bovenloop zand: 183,90 Km R5 langzaam str. benedenloop op zand: 172,85 Km R6 langzaam stromend riviertje op zand/klei: 68,28 Km Kilometers per KRW doel GEP Landbouw: 122,41 Km GEP Natuur: 346,66 Km GEP Verweven: 275,53 Km	Wij onderhouden alle A-watergangen inclusief waterbergingen en natuurvriendelijke oevers. De waterlichamen met een M/R type zijn over het algemeen A watergangen. Ook kunnen er EVZ over een A watgang heen liggen. We hebben 77 kilometer aan waterlichamen M- type 42 kilometer R-type 35 kilometer R-type 4523 kilometer A watgang niet zijnde KRW waterlichamen	circa 881 km Status KRW stilstaand gebufferde (regionale) kanalen: 139,44 km Status KRW stilstaand Matig grote diepe gebufferde: 12,16 km KRW stromend – kunstmatig: 3,76 km KRW stromend – natuurlijk: 50,43 km KRW sterk veranderd Langzaam stromend riviertje op zand/klei: 11,55 km Snelstromende bovenloop op zand: 26,80 km Permanente langzaam stromende heuvelland bovenloop op zand: 81,41 km Snelstromende bovenloop op kalkhoudende bodem: 36,90 km Permanente langzaam stromende laagland bovenloop op zand: 39,53 km Langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand: 334,64 km Langzaam stromend riviertje op zand/klei: 15,79 km
Onderscheid tussen het schonen van de watgang, het maaien van de oevers en het maaien van de werkpaden?	Ja, dat kan	In maaibestek hebben we idd categorieën die gaan over het schonen van de watgang, het maaien van taluds en het maaien van evt. werkpaden. Met de nieuwe gedragscode maaien we watergangen en oevers/taluds volgens de habitatbenadering en is	Alle A watergangen worden geschoond. Afhankelijk van de dimensies en de doelen die op de watgang liggen blijft per maaibeurt 1 of beide taluds (droog en nat) begroeit. De werkpaden worden gemiddeld 2-3 keer per jaar gemaaid.	Nee, dit kunnen we niet maken.

Vraag	Hunze & Aa's	De Dommel	Drents Overijsselse Delta	Limburg
		daar dus geen onderscheid meer te maken. De werkpaden worden doorgaans gemaaid elke keer voorafgaand aan het maaien van de watergang/oever. Kilometers per type onderhoud - bevat niet alles want er zijn ook maaimaatregelen zoals 'op regie'. Maaimaatregel plasberm is bij over/talud gerekend. watergang: 542 Km oever/talud: 268 Km werkpaden: 31 Km		
Maaiscenario's en maaifrequentie?	Kan werkprotocol opsturen als nodig	Dit verschilt. In ons nieuwe maaiplan, dat is gebaseerd op de gedragscode, kennen we verschillende frequenties en maaitypes. Variërend van "permanent ongeschikt houden" (van bijvoorbeeld watergangen met riooloverstort) waarbij volledig profiel 3x per jaar of vaker gemaaid wordt, via 2 tot 4 keer per jaar maaien conform habitatbenadering (vegetatie laten staan, 25% nat profiel of bij bepaalde soorten zelfs 50%) tot slechts enkele keer bodem of doorstroomprofiel maaien of geen onderhoud uitvoeren). Een ander bepaald volgens een standaard script waarbij wordt gekeken naar functie van de watergang (eerst overstort en wateraanvoer, de rest op basis van dominante functie omgeving (stedelijk, agrarisch, natuur) in combinatie met risico wateroverlast (op basis van hydrologische berekening en eerdere inundaties). Vervolgens kan beheerder op basis van gebiedskennis hier gemotiveerd van afwijken. Maaiplan komt op internet te staan. Voor nu zou ik de Output-tabel (Excel) van het script kunnen delen met de maaimaatregelen.	Gemiddeld wordt het doorstroomprofiel 2 keer per jaar gemaaid. Afhankelijk van de dimensies en de doelen die op een watergang liggen en welke beschermde soorten er voorkomen, worden de taluds minimaal 1 keer per jaar gemaaid. Een klein deel wordt tijdens een maaibeurt geheel gemaaid. Dit zijn vaak onder gedimensioneerde watergangen met een belangrijke aan- of afvoerfunctie of watergangen die dusdanig smal zijn dat met het maaien altijd alles verwijderd wordt. Bij alle andere watergangen blijft per maaibeurt minimaal 1 natte en droge oever staan.	Dit is een zeer uitgebreid schema met coderingen enz. Wij maaien het meeste conform de nieuwe gedragscode.

Omgang met maaisel

Vraag	Hunze & Aa's	De Dommel	Drents Overijsselse Delta	Limburg
Waar blijft het slootmaaisel?	Ons aandeel onderhoudspaden bedraagt zo'n 80 tot 90%. Maaisel wordt altijd op deze paden verwerkt	Ca 650 km slootmaaisel drijft af naar 1 punt en wordt daar verzameld en afgevoerd (afdrijvend maaisel waar gemaaid is met maaiboot of bodemmes; maaisel wordt verzameld op VVUP en gaat dan in kleine kringloop of naar composteerder) Maaisel dat op eigen onderhoudspad (km onbekend) wordt afgezet wordt ofwel afgevoerd (en dan kleine kringloop of composteerder) of blijft liggen (verkleind/geklepeld) Ca 700 km maaien we vanaf aanliggend perceel; een groot deel daarvan valt onder ontvangtplicht aangelanden en blijft liggen. Ca 140 km hiervan voeren we af (kleine kringloop of composteerder).	In de gebieden met een onderhoudspad wordt het maaisel op het pad gelegd en nageklepeld. In gebieden zonder onderhoudspaden geldt de ontvangtplicht. Agrariers kunnen zelf aangeven hoe ze graag het maaisel zouden willen ontvangen. Dat kan zijn in een ril in het land, op hopen, meerijden met een maaiselplaat of meerijden met een kipper. In wegbermen wordt	Dit varieert. Circa 600 km voeren we af. De rest blijft op het pad liggen of maken we gebruik van de ontvangtplicht. Tussen beide laatste kunnen we in data geen onderscheid maken.
Slootmaaisel op EVZ/NVO?	Wij voeren dit 'lokaal' af door het te verwerken op de onderhoudspaden of de kruin van waterkeringen. Dat laatste vooral wanneer natuurvriendelijk oevers grenzen aan waterkeringen.	Indien mogelijk ene kant onderhoud uitvoeren en andere kant EVZ/NVO, dan deponeren we maaisel aan de kant vanwaar we onderhoud uitvoeren, meestal eigen pad. Van brede paden wordt het maaisel meestal afgevoerd, dat laatste gaan we in 2026 verder uitbreiden.	In principe wordt er geen maaisel in natuurvriendelijke oevers gelegd en wordt het maaisel van de natuurvriendelijke oevers zelf afgevoerd, mits de frequentie lager is dan 1 keer in de 2 jaar. In de praktijk gebeurt het wel dat maaisel in de natuurvriendelijke oever wordt gelegd.	Nee daar voeren we af
Wat gebeurt er met het maaisel?	Het wordt geklepeld op de paden (zie hiervoor).	Varieert dus van laten liggen op eigen onderhoudspad, of laten liggen op perceel aangelanden bij ontbreken van pad (ontvangtplicht) tot afvoeren via afdrijven of met verzamelen en transporteren (door onszelf, door aannemer in opdracht van ons), soms door derden afvoeren in het geval ondergrond van RWS, provincie of prorail is. Bij keringen en EVZ's bijv. ook wel in balen geperst. Een deel van afgevoerde maaisel (hebben we indicatie van percentage?) gaat in kleine kringloop (onderwerken op landbouwpercelen) en een deel naar composteerbedrijven.	Zie antwoord bij vraag 1 van dit kopje. De agrariërs die meerijden met een kipper verwerken het maaisel in hun eigen bedrijfsvoering. In het Sallandse deel wordt bijna al het maaisel door agrariërs verwerkt. Ook het maaisel van natuurvriendelijke oevers kan het waterschap kwijt bij agrariërs. Hier is zelfs een wachtlijst voor!	Zoals gezegd circa 600 km voeren we af. Dat gaat naar compostering (incl rhp compost), maken we bokashi van of gaat in onbewerkte vorm naar agrariërs (dijkenmaaisel). De aannemers bepalen zelf de uiteindelijke bestemming binnen hun emvi beloften.
Criteria voor beslissing?	Zie antwoord hiervoor.	Dit is opgenomen in ons maaiselbeleid. Momenteel wordt dit beleid geëvalueerd. Maar in het nog geldende beleid voeren we af op basis van: - Wettelijke verplichtingen (vanuit wet- en regelgeving verplicht maaisel af te voeren, oa na riooloverstort) - Milieu en gezondheid (betreft watergangen waar de afvoer van	We voeren het maaisel dat vrijkomend in stedelijke gebieden af als er geen fysieke ruimte is om het neer te leggen. Het maaisel van natuurvriendelijke oevers en bergingen voeren we af, omdat het dusdanige hoeveelheden maaisel zijn dat het waterschap hier niet	Vanuit ecologische doelen voornamelijk bepaald. Soms spelen omgevingsbelangen en cultuurtechnisch belang een rol.

Vraag	Hunze & Aa's	De Dommel	Drents Overijsselse Delta	Limburg
		maaisel niet wettelijk verplicht is, maar waar waterschap door afvoeren van (mogelijk vervuild) maaisel milieu- en gezondheidsschade vee wil voorkomen - Natuur en ecologie (watergangen waar de afvoer van maaisel bijdraagt aan het realiseren van vastgestelde natuurdoelstellingen en/of waar het laten liggen van maaisel de bestaande natuurwaarden schaadt) - Recreatie en maatschappelijk draagvlak (watergangen waar afvoeren van maaisel bijdraagt aan maatschappelijke doelstellingen van het waterschap, zoals recreatief medegebruik en randenbeheer door derden).	gebruik wil maken van de ontvangstplicht. Met afvoeren versterken we ook de biodiversiteit dat ook 1 van de doelen van het waterschap is.	
Partners afvoer maaisel?	NVT. Wel zijn we bezig met proeven met agrarische natuurverenigingen om te kijken of maaisel kan worden gecomposteerd. Ook zit er mogelijk een samenwerking met Agricycling in voor compostering.	Wij voeren zelf maaisel af, of onze maai-aannemers doen dit.	Aannemers en agrariers (zie vraag 3 van dit kopje)	Beide contractaannemers regelen dat zelf. Maaisel gaat als het ter compostering wordt aangeboden via hen naar Den Ouden.

Hoeveelheden en samenstelling

Vraag	Hunze & Aa's	De Dommel	Drents Overijsselse Delta	Limburg
Inschatting hoeveelheid maaisel?	Nee, geen idee.	Ooit wel inschattingen gedaan hoeveel ton maaisel per km¹ watergang. Landelijk kom ik vaak 80 kuub per km tegen. Inschatting is bovendien: elke kuub is 0,6 ton (0,4 ton droog, 0,8 ton nat) 1 ton is gemiddeld dus ongeveer 1,6 m³ Voor nat maaisel dus zo'n 64 ton per km en voor droog maaisel zo'n 32 ton per km. Maar bij ons circuleren ook cijfers van 10kg per m¹ en dan kom ik op 10 ton per km¹. Dit verschilt zeker en is sterk afhankelijk van type watergang, bereikbaarheid, methode en maai-frequentie. In 2024 is er voor 13.905 m³ maaisel in de kleine kringloop weggezet en 6.879 ton maaisel naar verwerkers afgevoerd. Hoeveel maaisel achterblijft op de oevers is lastig in te schatten. Het gaat om	Nee, dan zou ik de facturen en weegbonnen erbij moeten zoeken, maar dat kost veel tijd als het al vermeld staat.	Wij maken geen onderscheid. Totale hoeveelheden wisselen per categorie per jaar. Afvoer circa 8000 ton maximaal.

Vraag	Hunze & Aa's	De Dommel	Drents Overijsselse Delta	Limburg																																							
		3.616.400 meter oever als daar 10kg maaisel per strekkende meter vanaf zou komen bij maaien kom je op ruim 36.000 ton maaisel dat achterblijft op de overs. Dit zou betekenen dat ongeveer 72% van het maaisel achterblijft. Tabel 1 hoeveelheden maaisel in de kleine kringloop de afgelopen jaren. <table><caption>Maaisel voor bodem verbetering:</caption><thead><tr><th>Berekend a.h.v. geboukte vergoedingen:</th><th></th><th></th></tr></thead><tbody><tr><td>2018</td><td>4401 m3</td><td></td></tr><tr><td>2019</td><td>4403 m3</td><td></td></tr><tr><td>2020</td><td>17817 m3</td><td></td></tr><tr><td>2021</td><td>8204 m3</td><td></td></tr><tr><td>2022</td><td>11342 m3</td><td></td></tr><tr><td>2023</td><td>16434 m3</td><td>63% vS 14% vS</td></tr><tr><td>2024</td><td>17803 m3</td><td>65% WDO, 12% vS, 23%vS</td></tr><tr><td>Totaal:</td><td>38922 m3</td><td></td></tr></tbody></table> Tabel 2 Grove inschatting van de hoeveelheden maaisel dat achterblijft op de oever, in vergelijking met wat er naar de kleine kringloop en verwerker gaat. <table><thead><tr><th></th><th>ton</th><th>%</th></tr></thead><tbody><tr><td>Blijft achter</td><td>36364</td><td>72%</td></tr><tr><td>Kleine Kringloop</td><td>6953</td><td>14%</td></tr><tr><td>Verwerker</td><td>6879</td><td>14%</td></tr></tbody></table> Er wordt ook door de provincie en Rijkswaterstaat gemaaid op trajecten waar watergangen naast wegen en snelwegen liggen. We hebben minder zicht op wat er met het maaisel van deze trajecten gebeurt.	Berekend a.h.v. geboukte vergoedingen:			2018	4401 m3		2019	4403 m3		2020	17817 m3		2021	8204 m3		2022	11342 m3		2023	16434 m3	63% vS 14% vS	2024	17803 m3	65% WDO, 12% vS, 23%vS	Totaal:	38922 m3			ton	%	Blijft achter	36364	72%	Kleine Kringloop	6953	14%	Verwerker	6879	14%		
Berekend a.h.v. geboukte vergoedingen:																																											
2018	4401 m3																																										
2019	4403 m3																																										
2020	17817 m3																																										
2021	8204 m3																																										
2022	11342 m3																																										
2023	16434 m3	63% vS 14% vS																																									
2024	17803 m3	65% WDO, 12% vS, 23%vS																																									
Totaal:	38922 m3																																										
	ton	%																																									
Blijft achter	36364	72%																																									
Kleine Kringloop	6953	14%																																									
Verwerker	6879	14%																																									
Dominante plantensoorten?	Dat hangt sterk van de plek af. Liesgras is een veel voorkomende dominante soort, riet plaatselijk. Bij de taluds gaat het vooral om de hogere grassoorten (glanshavergemeenschappen)	Wij maken niet echt onderscheid in maaisel afkomstig van de verschillende onderhoudstypen. Maaisel van schonen en van pad wordt meestal samen gevoegd. Natuurlijk komt van EVZ's ander maaisel vrij dan van waterbodems. Dominante soorten zijn te koppelen aan het gemaaid (bodem, talud, of pad/evz/kering) zelf hebben we heur geen analyse op gevoerd.	Vanuit het doorstroomprofiel Dit houden wij niet apart bij. vooral waterplanten. Daar kunnen ook exoten tussen zitten, maar die proberen we in aparte rondes al zoveel mogelijk te verwijderen en af te voeren. Op de oevers gaat het om grasachtige, boomopslag en riet. De laatste jaren zien we het riet toenemen.																																								

Effecten op waterkwaliteit en ecologie

	Hunze & Aa's	De Dommel	Drents Overijsselse Delta	Limburg
Onderzoek of praktijkervaring?	Zoals eerder aangegeven is de vraag merkwaardig. In het geval van maaisel dat op ons onderhoudspad verwerkt wordt: fosfaat zal deels worden vastgelegd in de zuurstof- en organische stof rijke ondergrond van het onderhoudspad. Stikstof is in de planten aanwezig als NH₄ en zal op het droge spoedig worden omgezet naar NO₃. Dit zal deels uitspoelen naar het grondwater en terugvloeien naar de watergang. Maar dat zo ook zijn gebeurd als er niet zo zijn gemaaid en het gewas op een natuurlijke manier afsterft. Er is dus geen sprake van een toegenomen nutriëntenbelasting, eerder van een verplaatsing daarvan. De verwerking van maaisel op de onderhoudspaden betekent bijvoorbeeld dat hier nutriënten cumuleren en het hier een (heel) voedselrijke omgeving betreft die voor de veiligheid dan weer regelmatig gemaaid moet worden. Omdat we het maaisel van de taluds op de onderhoudspaden plaatsen, zie je dat de taluds dan weer een stuk schraler zijn. We voeren dus af over een hele korte afstand, waarbij we ons vooral richten op het verminderen van nutriënten op de taluds. Bij afvoer van maaisel van de onderhoudspaden zouden deze paden kunnen worden verschaald. Je haalt dan juist nutriënten weg uit het systeem. Maar goed, zoals eerder aangegeven zijn dat nutriënten van buiten de watergangen, bijvoorbeeld vanuit de landbouw.	Geen antwoord	Nee, die heb ik niet	Wij hebben binnen WL verschillende meetpunten in ons areaal waar met enige regelmaat waterkwaliteitsmetingen worden verricht. De meetpunten liggen in zowel natuurbeken (maaisel ruimen) en omgevingsgerichte wateren (maaisel niet geruimd). Binnen WL is nog niet het effect op nutriëntenconcentraties in het oppervlaktewater door maaisel op de oever onderzocht. Geen onderzoeksresultaten nutriëntenconcentraties in oppervlaktewater, maar wel de beschikbare data om een dergelijk onderzoek uit te voeren.
Verschillen in achterblijven of niet op begroeiing?	In zijn algemeenheid geldt dat stengeliger en langer materiaal (lisdodde, riet, rietgras) moeilijker verteren dan 'zachtere' vegetaties, zoals kort gras. Op welke effecten doel je overigens?	Wij laten geen waterveld achter toch?! Verder iets over te zeggen?	Geen ervaring mee.	We hebben hier geen monitoring voor.
Foto's begroeiing?	Geen antwoord	Nee, hebben we niet.	Nee, want het maaisel ligt nooit op het talud en wordt altijd op het pad gelegd. We voeren geen maaisel af van het onderhoudspad. We hebben geen identieke locaties waar je wel afvoert en locaties waar je het maaisel niet afvoert.	Deze hebben we niet.

Bijlage B Inzicht in de KRW-maatlat: theorie

In het beheergebied van waterschap Aa en Maas komen wateren met verschillende KRW-typen voor (Tabel B-1). Deze zijn onder te verdelen in langzaam stromende wateren (R4, R5, R6), meren (M20), moerasbeken (R20) en sloten en kanalen (M1, M3, M6). Elk type heeft zijn eigen karakter en eigen maatlaten waaraan het dient te voldoen binnen de KRW (STOWA, 2018a; STOWA, 2018b). In voorliggende studie worden de meren (M20) niet behandeld.

Tabel B-1 KRW-watertypen die voorkomen in het beheergebied van waterschap Aa en Maas, en hun omschrijving.

KRW-type	Omschrijving
R4	Permanent langzaamstromende bovenloop op zand
R5	Langzaam stromende middenloop/benedenloop op zand
R6	Langzaam stromend riviertje op zand/klei
R20	Moerasbeek
M1	Gebufferde sloten op minerale bodem
M3	Gebufferde (regionale) kanalen
M6	Grote ondiepe kanalen
M20	Matig grote diepe gebufferde meren

B.1 Verschil in KRW-typen en de KRW-maatlat

De KRW beschrijft per watertype verschillende maatlaten. Dit zijn fysisch-chemische maatlaten, maar ook biologische maatlaten: fytoplankton, overige waterflora, macrofauna en vis. In voorliggende studie ligt de focus op de overige waterflora, oftewel de water- en oeverplanten. Dit komt omdat er weinig aanknopingspunten zijn voor het effect van het afvoeren of laten liggen van maaisel op fytoplankton (die in het beheergebied van Aa en Maas eigenlijk altijd al goed scoort) of op macrofauna of vis.

De KRW-maatlat voor macrofyten bestaat uit drie deelmaatlaten: abundantie, soortensamenstelling en fyto benthos. Deze laatste deelmaatlat wordt in voorliggende studie niet verder behandeld, omdat die opname in april plaatsvindt en het maaisel-vraagstuk dan nog niet speelt. Omdat de verschillende KRW-typen hun eigen eigenschappen hebben, wordt er ook anders omgegaan binnen de KRW-maatlaten. Daarnaast speelt de oever een verschillende rol binnen de verschillende typen en maatlaten.

B1.1 Abundantie

Het relatieve voorkomen van verschillende groeivormen van macrofyten is gebruikt als indicator voor het kenmerk abundantie. De abundantie wordt uitgedrukt als bedekkingspercentage van de groeivormen en wordt voor de maatlat alleen beoordeeld in de zones waar de groeivorm onder referentie omstandigheden verwacht mag worden. Dat wordt het "begroeibare areaal" genoemd. Het begroeibare areaal is dus verschillend per groeivorm per watertype. De te onderscheiden zones voor het begroeibaar areaal zijn gestandaardiseerd wat hun dieptebereik betreft. De zones zijn:

- Oeverzone OR
- Waterzone, ongeacht diepte OW
 - Emerse zone, 0-1 m E-zone
 - Submerse zone, 1-3 m S-zone
 - Diepe submerse zone, 3 - 7.5 m diep X-zone

Binnen deze deelmaatlat worden verschillende groeivormen onderscheiden: submers (S), drijvend (D), emers (E), kroos (K), flab (F), oeverbegroeiing (O). In voorliggende studie wordt vooral gefocust op de oeverbegroeiing. Dit is de gesloten begroeiing op de oever (tussen de hoog- en laagwaterlijn) en wordt per type verschillend beoordeeld (STOWA, 2018a; STOWA, 2018b).

Onze referentie: DVQN44JSPR55-715050591-1049:1 - Datum: 13 mei 2026 - Public

Sloten en kanalen (M1, M3, M6)

Om de beoordeling voor sloten en kanalen robuust te maken is voor de KRW-maatlatten de keuze gemaakt om de groeivorm oevervegetatie voor sloten en kanalen niet te beoordelen omdat deze sterk wordt bepaald door aspecten van het aanliggend grondgebruik die weinig met waterkwaliteit hebben te maken. Daarnaast is het oeverareaal moeilijk te begrenzen door de afwezigheid van natuurlijke peilfluctuaties.

De abundantie van een groeivorm wordt in principe uitgedrukt als bedekkingspercentage van de groeivormen in het begroeibaar areaal van het waterlichaam. Dit begroeibaar areaal is in de eerste plaats afhankelijk van het watertype. Voor ieder watertype is aangegeven welk deel van een waterlichaam begroeid kan zijn. De bovengrens van de te beoordelen groeivormen staat op dit moment ter discussie (STOWA, 2018b).

B1.2 Soortensamenstelling

De deelmaatlat soortensamenstelling is uitgewerkt voor zowel waterplanten als fyto-benthos, al wordt op die laatste in voorliggende studie niet ingegaan. Voor waterplanten bestaat de deelmaatlat uit een lijst met kenmerkende soorten per watertype. De deelmaatlat soortensamenstelling waterplanten wordt berekend op basis van de aangetroffen soorten uit deze lijst. Elke soort krijgt een score bij een oplopende mate van voorkomen (abundantieklasse; schaars, frequent, dominant). Ook hier zijn weer verschillen in de verschillende watertypen te onderscheiden.

Langzaam stromende wateren (R4, R5, R6)

De soortensamenstelling wordt voor de gehele waterkolom en de oever samen beoordeeld. Dit wordt per zone opgenomen, en gewogen samengevoegd en over alle zones samen beoordeeld. De EKR wordt vervolgens berekend uit de som van de scores van alle scorende soorten (STOWA, 2018a).

Moerasbeken (R20)

De macrofyten zijn hier ingedeeld in vier categorieën:

1. Primair kenmerkende soorten die een zeer hoge kwaliteit indiceren (zeer hoge kwaliteitsklasse, zeer natuurlijke situatie).
2. Primair kenmerkende soorten die een goede kwaliteit indiceren (weinig verstoord systeem, goede ecologische toestand).
3. Overige kenmerkende soorten, vooral soorten die kenmerkend zijn voor zeer voedselrijke natte situaties (verstoorde situatie, matige of ontoereikende kwaliteitsklasse).
4. Negatief dominante soorten, in hoge abundenties kenmerkend voor sterk belaste (polysaprobe) of anderszins verstoorde situaties (sterk verstoorde situatie bij hoge abundantie).

De som van de scores van alle aangetroffen kenmerkende soorten bepaalt de EKR (STOWA, 2018a).

Sloten en kanalen (M1, M3, M6)

De soortensamenstelling mag ook buiten het begroeibaar areaal van de groeivormen worden beoordeeld (dus delen dieper dan 1 m of meer dan 4 m uit de oever en de oever tot boven de waterlijn) voor zover daar nog relevante soorten worden aangetroffen.

De soortensamenstelling wordt voor de gehele waterkolom en de oever samen beoordeeld. Dit wordt per zone opgenomen, en gewogen samengevoegd en over alle zones samen beoordeeld. De EKR voor de soortensamenstelling hydrofyten en helofyten wordt vervolgens elk afzonderlijk berekend uit de som van de scores van alle soorten. Voor de uiteindelijke EKR is de EKR van hydrofyten twee keer zo belangrijk als van helofyten.

Colofon

MAAISEL: WATERKWALITEIT EN OEVERVERRUIGING ONDER DE LOEP

OPDRACHTGEVER

Waterschap Aa en Maas

AUTEURS

[Redacted], [Redacted], [Redacted]

ONZE REFERENTIE

DVQN44JSPR55-715050591-1049:1

DATUM

13 mei 2026

STATUS

Definitief

GECONTROLEERD DOOR

VRIJGEGEVEN DOOR

[Redacted]

Specialist Waterbeheer

[Redacted]

Projectleider en adviseur aquatische ecologie

Over Arcadis

Arcadis is dé wereldwijde partner op het gebied van datagedreven duurzame ontwerp-, engineerings- en consultancyoplossingen voor de natuurlijke en gebouwde omgeving. We zijn met zo'n 34.000 architecten, data-scientists, ontwerpers, ingenieurs, projectplanners, waterbeheer- en duurzaamheidsexperts. Allemaal gedreven door onze passie: 'Improving quality of life'. Als onderdeel van onze inzet om een planeet-positieve toekomst te versnellen, werken we met onze klanten samen om duurzame projectkeuzes te maken. Daarbij combineren we digitale en menselijke innovatie en omarmen we toekomstgerichte vaardigheden binnen de sectoren milieu, energie en water, gebouwen, transport en infrastructuur. We zijn actief in meer dan 30 landen en behaalden in 2025 een bruto omzet van €4,9 miljard.

www.arcadis.com

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 264
6800 AG Arnhem
Nederland

T +31 (0)88 4261 261

Arcadis. Improving quality of life

Volg ons op



[Arcadis](https://www.arcadis.com)