



Wageningen University & Research | Bijlage bij rapport *De integrale KPI-kernset duurzame landbouw*

Februari 2026 | 2026-002-1

Stikstofoverschot

Nadere toelichting op de definitie, achtergronden en ontwikkelpunten van voorgestelde KPI's

Wim van Dijk,¹ René Schils,¹ Sander Gerritsen,¹ Joan Reijs²

¹ Wageningen University & Research, Wageningen Plant Research

² Wageningen University & Research, Wageningen Social & Economic Research

Gereviewd door Gerard Ros (Wageningen University & Research, Earth Systems and Global Change Group)

Inhoudsopgave

1	Beschrijving van de KPI.....	2			
1.1	Definitie KPI.....	2	2.3	Theoretisch haalbaar.....	12
1.2	Relatie KPI tot doelen.....	2	2.4	Drempel- en streefwaarden doelbereik	12
1.3	Berekeningswijze en bestaande rekeninstrumenten.....	2	3	Handelingsperspectief en samenhang	14
1.4	Benodigde data en bronnen, inclusief bestaande datasystemen	3	4	Discussie	16
1.5	Vereenvoudigingsopties	7	4.1	Overwegingen bij de keuze voor deze KPI.....	16
1.6	Verfijningsopties.....	8	4.2	Sterkte en zwakte van deze KPI	16
2	Referentiewaarden: wat weten we over KPI-scores?	10	5	Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling...	18
2.1	Informatienet-benchmarks	10	Literatuur		19
2.2	Praktijkresultaten pilots	12			

1 Beschrijving van de KPI

1.1 Definitie KPI

Het stikstof (N)-bodemoverschot is gedefinieerd als het verschil tussen enerzijds de aanvoer van N naar de bodem via meststoffen, weidemest (melkveehouderij), depositie, biologische binding door vlinderbloemige gewassen en veenmineralisatie en anderzijds de afvoer van N van de bodem (met geoogst gewasproduct en de ammoniak-N-emissie bij toediening van meststoffen en uit gewasresten). Het N-bodemoverschot wordt uitgedrukt in kg per ha bedrijfsareaal. Verbetering op de KPI kan plaatsvinden via verlaging van de N-aanvoer met meststoffen (met zo veel mogelijk behoud van gewasopbrengst). Daarnaast is beïnvloeding ook mogelijk via een goede gewasopbrengst door verbetering van de groeiomstandigheden (onder andere pH, andere nutriënten dan N, water, gewasbescherming) en aanpassing van het bouwplan.

1.2 Relatie KPI tot doelen

Het belangrijkste doel waaraan deze KPI is gelieerd is de verbetering van de waterkwaliteit, met name die van grondwater. Daarnaast kan de KPI via neveneffecten ook invloed hebben op andere doelen zoals vermindering van emissies van broeikasgassen en ammoniak, aanvoer van organische stof, schaarse grondstoffen en verbetering van biodiversiteit. De neveneffecten worden besproken in hoofdstuk 3.

Waterkwaliteit

Voor de bescherming van de waterkwaliteit zijn er verschillende richtlijnen. Sinds 1991 is de Europese Nitraatrichtlijn (Council Directive 91/676/EEC)¹ van kracht die als doel heeft de waterverontreiniging die wordt veroorzaakt of teweeggebracht door nitraten uit agrarische bronnen te verminderen en verdere verontreiniging te voorkomen. Voor N geldt dat er zich maximaal 50 mg nitraat per liter (= 11,3 mg nitraat-N per liter) in het uitspoelwater mag bevinden, en dat het nitraatgehalte in het grondwaterlichaam niet mag stijgen. Daarnaast is er de Kaderrichtlijn Water (KRW)² die in 2000 in werking is getreden. Deze heeft als doel te komen tot een 'goede ecologische toestand' van zowel oppervlaktewateren als grondwater. De KRW heeft een bredere insteek dan de Nitraatrichtlijn, die integraal onderdeel is van de KRW. Voor oppervlaktewater is een goede ecologische toestand in het groeiseizoen (de zomer) sturend. Nutriëntengehalten, waaronder N en fosfor (P), zijn daarin niet leidend, maar zijn ondersteunende indicatoren³ (Moria et al, 2023).

Het N-bodemoverschot kan worden gezien als afgeleide indicator voor potentiële N-verliezen naar het grond- en oppervlaktewater. Afhankelijk van de situatie gaat slechts een deel van het N-bodemoverschot verloren naar het water. Welk deel verloren gaat naar het water is afhankelijk van onder andere het grondgebruik (grasland of bouwland), de grondsoort en de grondwaterstand (Brussée et al., 2024), dan wel de aanwezigheid van drains en bufferstroken evenals de juiste bemestingspraktijk. Het risico van stikstofuitspoeling is hoger op bouwland dan op grasland, neemt doorgaans toe in de volgorde veen- klei – nat zand, löss en droog zand en neemt toe naarmate de grondwaterstand dieper is. Deze verschillen zijn een gevolg van verschillen in denitrificatie, de omzetting van nitraat-N in gasvormige verbindingen.

1.3 Berekeningswijze en bestaande rekeninstrumenten

Het N-bodemoverschot wordt berekend door de totale N-aanvoer en N-afvoer op het bedrijf (kg) van elkaar af te trekken. Als de KPI wordt uitgedrukt per ha worden de totalen op bedrijfsniveau gedeeld door het bedrijfsoppervlak. In tabel 1.1 is weergegeven hoe het N-bodemoverschot wordt berekend en welke posten worden meegenomen in de berekening op melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven. De berekeningswijze is grotendeels gelijk voor beide bedrijfstypen, alleen is er voor melkveebedrijven een extra aanvoerpost met weidemest (in de weide uitgescheiden urine en feces) en een extra afvoerpost met door vee opgenomen gras tijdens beweiden. De N in het oogstproduct is inclusief N in afgevoerde bijproducten (zoals stro) of gewasresten. Op akkerbouwbedrijven kunnen de balansposten veel directer worden berekend dan op melkveebedrijven, omdat daar ook interne stromen moeten worden berekend (zie ook paragraaf 1.4).

Zoals aangegeven in tabel 1.1 is de NH₃-N-emissie in het veld een afvoerpost, omdat deze N door vervluchtiging niet in de bodem terechtkomt. De overige gasvormige N-verliezen vanuit de bodem (N₂O, NO_x en N₂) zitten wel in het N-bodemoverschot, omdat deze microbiële omzettingen in de bodem plaatsvinden. Deze gasvormige verliezen vormen het deel van het N-bodemoverschot dat niet via uitspoeling verloren gaat (zie verder paragraaf 2.4).

¹ <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1991/676/2008-12-11/eng>

² [KRW Impulsprogramma](#)

³ Nutriëntenconcentraties zijn niet leidend voor de beoordeling van de waterkwaliteit; beide zijn ondersteunende parameters voor de ecologie. Waar relevant hebben waterschappen richtinggevend concentraties (soms normen genoemd) opgesteld die als early

warning parameter functioneren. Voor N-totaal liggen de richtinggevend concentraties voor de verschillende KRW-waterlichamen in de range van 2-4 mg totaal-N per liter. Bij oppervlaktewater gaat het niet alleen om nitraat-N, maar ook om ammonium-N en opgelost organische N.

Tabel 1.1 Berekening N-bodemoverschot op melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven.

	Melkveehouderij	Akkerbouw
Aanvoer		
N _{organische mest}	x	x
N _{weidemest}	x	
N _{kunstmest}	x	x
N _{depositie}	x	x
N _{binding}	x	x
N _{mineralisatie}	x	x
Afvoer		
N _{oogstproduct}	x	x
N _{weide-opname}	x	
N _{NH3-veld}	x	x
Overschot, kg N	Aanvoer - Afvoer	Aanvoer - Afvoer
Overschot, kg N per ha	(Aanvoer - Afvoer)/bedrijfsoppervlak	(Aanvoer - Afvoer)/bedrijfsoppervlak

Tools voor berekening van het N-bodemoverschot

In de melkveehouderij maken vrijwel alle veehouders gebruik van de KringloopWijzer.⁴ Alle melkveebedrijven die leveren aan zuivelondernemingen gelieerd aan NZO (de Nederlandse Zuivel Organisatie) zijn verplicht de KringloopWijzer in te vullen. De achterliggende rekenregels staan beschreven in Van Dijk et al. (2025). De KringloopWijzer omvat een rekenkern en een centrale dataopslagstructuur waarin de invoerdata van de melkveehouders zijn opgeslagen en van waaruit via de rekenkern de kengetallen en indicatoren (waaronder het N-bodemoverschot) worden berekend.

Voor de akkerbouw is er niet een dergelijke structuur beschikbaar. Wel is de Nutriëntenbalans Akkerbouw ontwikkeld voor berekening van N- en P-overschotten, NH₃-N-emissie en broeikasgasemissies op akkerbouwbedrijven (Schröder en Rutgers, 2018). Deze tool is ook gebruikt voor de berekening van KPI's in de KPI-akkerbouwpilots (zie hoofdrapport hoofdstuk 6 en bijlage met rekenregels voor meer informatie daarover). Ook is deze rekenwijze geïntegreerd in de online en open source adviestool voor de pilot Maatwerkaanpak.⁵ Verdere doorontwikkeling is gewenst vanwege gebruikersgemak en databeschikbaarheid. Op dit moment lopen er diverse initiatieven om de tool beschikbaar te maken voor praktijktoepassing. Ten slotte is er ook op Farmmaps⁶ een app beschikbaar die voor akkerbouwbedrijven diverse KPI's uitrekent, waaronder het N-bodemoverschot.

1.4 Benodigde data en bronnen, inclusief bestaande datasystemen

Berekening balansposten en benodigde data

In tabel 1.2 is weergegeven welke bedrijfsdata nodig zijn om het N-bodemoverschot te kunnen berekenen. Hieronder volgt per balanspost een toelichting.

Aanvoer van organische mest

Op zowel melkvee- als akkerbouwbedrijven zijn per organische mestsoort de aangevoerde en afgevoerde hoeveelheden en het totaal N-gehalte daarin nodig. Bij aan- en afvoer wordt standaard het N-gehalte bepaald (is een verplichting vanuit de meststoffenwet). Naast de aan- en afvoer is informatie nodig over eventuele voorraadmutaties, zodat het verbruik kan worden berekend in het betreffende jaar.

Op melkveebedrijven is de belangrijkste organische meststroom de *geproduceerde eigen mest*. Omdat dit een interne stroom betreft binnen een melkveebedrijf moet deze worden berekend. De volledige berekening is beschreven in Van Dijk et al. (2025). Globaal houdt de berekening in dat de hoeveelheid N in de geproduceerd dierlijke mest wordt berekend als het verschil tussen enerzijds de hoeveelheid N in het rantsoen en anderzijds de afgevoerde hoeveelheid N met melk en dieren en de gasvormige N-verliezen in de stal en opslag. De gasvormige N-verliezen zijn dus een afvoerpost en zitten niet in het N-bodemoverschot. Het rantsoen wordt berekend op basis van de hoeveelheid verbruikt kuilvoer (aanleg gecorrigeerd voor voorraadmutaties), de hoeveelheid opgenomen weidegras en de hoeveelheid verbruikt aangevoerd (kracht)voer (aanvoer gecorrigeerd

⁴ www.mijnkringloopwijzer.nl

⁵ <https://www.lto.nl/pilot-maatwerkaanpak-nitraatrichtlijn-van-start>

⁶ <https://www.farmmaps.net/nl>

voor voorraadmutaties). De N-afvoer met melk wordt berekend als product van de hoeveelheid afgevoerde melk en het gemeten N-gehalte daarin. De hoeveelheid N in afgevoerde dieren vindt plaats via forfaits per diersoort. Bij de gasvormige N-verliezen in stal en opslag is zo veel mogelijk uitgegaan van de berekeningswijze conform NEMA (Van Bruggen et al., 2024). Hierbij wordt rekening gehouden met het staltype, de mestsoort, eventuele mestbewerking en beweiding.

Aanvoer van kunstmest

Op zowel melkvee- als akkerbouwbedrijven zijn per kunstmestsoort de aangevoerde en afgevoerde hoeveelheden en het totaal N-gehalte daarin nodig. Naast de aan- en afvoer is informatie nodig over voorraadmutaties, zodat het verbruik kan worden berekend in het betreffende jaar. Op dit moment wordt voor de akkerbouw gewerkt met een groslijst met NPK-gehalten van in Nederland beschikbare kunstmeststoffen. Voor melkveebedrijven komen de geleverde hoeveelheden kunstmest per soort met de betreffende gehalten aan N, P_2O_5 , K_2O , $CaCO_3$ en $MgCO_3$ in de centrale database van de KringloopWijzer terecht. Dit gebeurt door de leverancier.

Depositie

Om depositie te bepalen worden berekende regiospecifieke waarden gebruikt. Dit kan bijvoorbeeld op het niveau van de provincie of zelfs per km^2 gridcel.⁷

N-binding vlinderbloemigen

N-binding uit vlinderbloemigen betreft de biologische binding van luchtstikstof door vlinderbloemige gewassen die zowel in het oogstproduct als de gewasrest terechtkomt. Bij monoculturen zoals veldbonen, erwten en luzerne wordt gewerkt met vaste waarden per ha gewas. De geschatte waarden zijn mede gebaseerd op Schröder et al. (2004). Door deze gewasspecifieke vaste waarden te vermenigvuldigen met het gewasareaal kan de totale hoeveelheid gebonden N op het bedrijf worden uitgerekend. Bij grasklaver wordt de binding geschat op basis van het klaveraandeel in geoogste hoeveelheid gras en klaver (Elgersma en Hassink, 1997; Schils, 2002).

Mineralisatie

Mineralisatie betreft de extra N die vrijkomt als gevolg van afbraak van veen. Hiervoor wordt een vaste waarde gebruikt van 234 kg N per ha die is gebaseerd op Kuikman et al. (2005). Voor minerale gronden wordt op dit moment geen netto-mineralisatie (of netto-vastlegging) meegenomen. Hierop wordt in paragraaf 1.6 verder ingegaan.

De mineralisatie van N uit gewasresten die na de oogst van het gewas achterblijven is geen aanvoerpost, maar een interne stroom. Hiermee kan wel rekening worden gehouden door aanpassing van de N-bemesting van het volggewas, waardoor het N-bodemoverschot daalt.

Afvoer met geoogst product

Op akkerbouwbedrijven wordt de N-afvoer met geoogst product bepaald door de behaalde opbrengst te vermenigvuldigen met een gewasspecifiek forfaitair N-gehalte (De Ruijter et al., 2020; www.handboekbodemenbemesting.nl), waarbij er bij een aantal gewassen ook nog een relatie is tussen het opbrengstniveau en het N-gehalte. De opbrengsten zijn vaak niet op perceelsniveau bekend, maar wel is bekend hoeveel er totaal is afgevoerd van een oogstproduct. Hieruit kan per gewas een bedrijfsafvoer per ha gewasareaal worden berekend. Niet voor alle gewassen die in BasisRegistratie Percelen (BRP) worden onderscheiden zijn forfaitaire N-gehalten bekend. In dat geval zal moeten worden teruggevallen op een vergelijkbaar gewas waarvan wel een forfaitair N-gehalte bekend is.

Op melkveebedrijven is de berekening complexer, omdat het geproduceerde voer een interne stroom is. Voor het kuilvoer wordt deze geschat door het meten van de kuilomvang. Via het gemeten N-gehalte uit de kuilanalyse kan de hoeveelheid N in het geproduceerde kuilvoer worden berekend. Bij beweiding moet ook een schatting worden gedaan van de opgenomen hoeveelheid opgenomen gras en de N daarin. Deze wordt berekend op basis van de totale energiebehoefte (VEM) van de veestapel (onder andere afhankelijk van diersoort, melkproductie per koe en mate van beweiding) en de energie in verbruikt kuilvoer en verbruikt aangekocht voer. Het verschil moet dan de energie zijn in verbruikt weidegras. Deze wordt dan via een VEM/N-verhouding omgerekend naar de hoeveelheid N in opgenomen weidegras. Wanneer op melkveebedrijven akkerbouwgewassen worden geteeld, gaat de berekening voor deze gewassen zoals bij akkerbouwbedrijven.

Op zowel melkvee- als akkerbouwbedrijven kan er ganzenvraat zijn. Op melkveebedrijven wordt in de KringloopWijzer hiervoor gecorrigeerd. De grasopname door de ganzen wordt bepaald door taxatie. De N-excretie door ganzen wordt berekend op basis van de gemiddelde graastijd en de excretie van N in die tijd (Van Dijk et al., 2025). Een dergelijke rekenregel zou ook voor akkerbouwbedrijven kunnen worden ontwikkeld.

⁷ [GDN/GCN site van het RIVM: https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/depositiekaarten](https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/depositiekaarten)

Tabel 1.2 Benodigde bedrijfsdata voor het berekenen van het N-bodemoverschot op melkvee- en akkerbouwbedrijven.

Data	Melkveehouderij	Akkerbouw	Van belang voor balanspost:
Locatie	X	X	N _{depositie}
Grondsoort, per gewas	X	X	N _{mineralisatie}
Dieraantal, per categorie			
Aanwezige dieren	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Aangevoerde dieren	X		N _{organische mest}
Afgevoerde dieren	X		N _{organische mest}
Melkproductie			
Hoeveelheid afgevoerde melk	X		N _{organische mest}
N-gehalte in afgevoerde melk	X		N _{organische mest}
Melkproductie per melkkoe	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Beweiding			
Systeem	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Duur	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Voer, per soort			
Aanvoer bedrijf, hoeveelheid	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Afvoer bedrijf, hoeveelheid	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Geproduceerd op eigen bedrijf	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Voorraadmutatie, hoeveelheid	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Samenstelling (VEM/N)	X		N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Ganzenvraat	X	X	N _{organische mest} , N _{oogstproduct} , N _{weide-opname}
Gewassen, per gewas			
Areaal	X	X	N _{oogstproduct} , N _{binding} , N _{NH3-veld}
Areaal groenbemesters/vanggewassen			
Areaal vlinderbloemige groenbemester	X	X	N _{binding}
Afgevoerd hoofdproduct (akkerbouw)	X	X	N _{oogstproduct}
Afgevoerd bijproduct (akkerbouw)	X	X	N _{oogstproduct}
Organische mest, per soort			
Aanvoer bedrijf, hoeveelheid	X	X	N _{organische mest}
Afvoer bedrijf, hoeveelheid	X	X	N _{organische mest}
Voorraadmutatie, hoeveelheid	X	X	N _{organische mest}
Productie op eigen bedrijf	X		N _{organische mest}
N-gehalte	X	X	N _{organische mest}
Kunstmest			
Aanvoer, hoeveelheid	X	X	N _{kunstmest} , N _{NH3-veld}
Voorraadmutatie, hoeveelheid	X	X	N _{kunstmest} , N _{NH3-veld}
N-gehalte	X	X	N _{kunstmest} , N _{NH3-veld}
Gebruikte inhibitoren	X	X	N _{NH3-veld}
Strooisel	X		N _{organische mest}
Mestbewerking			
Scheiden	X		N _{organische mest}
Vergisten	X		N _{organische mest}
Stal- en mestopslagsysteem per diersoort	X		N _{organische mest}
Toediening organische mest, per soort en per gewas			
Dosering	X	X	N _{organische mest} , N _{NH3-veld}
N-totaal en NH ₃ -N-gehalte	X	X	N _{organische mest} , N _{NH3-veld}
Methode van toediening	X	X	N _{organische mest} , N _{NH3-veld}

NH3-N-emissie in het veld

De NH3-N-emissie in het veld is de som van de NH3-N-emissie bij toediening van organische mest en kunstmest en de emissie uit gewasresten.

Bij toediening van organische mest wordt de emissie berekend op basis van de aangevoerde hoeveelheid NH3-N en de toegepaste toedieningstechniek op het bedrijf of perceel. De aangevoerde NH3-N wordt berekend door de totale N-aanvoer te vermenigvuldigen met het aandeel NH3-N (fractie van N-totaal). Op melkveebedrijven wordt het NH3-N-gehalte in de mest in de KringloopWijzer berekend op basis van het rantsoen en de gasvormige verliezen in de stal en opslag. Bij aangevoerde organische mest (onder andere akkerbouwbedrijven) is het NH3-N-gehalte doorgaans niet bekend. In dat geval wordt meestal gewerkt met een forfaitair aandeel NH3-N in de totale N gebaseerd op gemiddelde gehalten van organische mestsoorten zoals weergegeven in het bemestingsadvies.⁸ Door gebruik van bedrijfsspecifieke informatie kan dit nauwkeuriger worden vastgesteld.

Wat betreft de toedieningstechniek wordt gebruikgemaakt van emissiefactoren van de afzonderlijke toedieningstechnieken conform het landelijke emissiemodel NEMA (Van Bruggen et al., 2024), waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen grasland en bouwland (zoals opgegeven bij de meitelling). Dit betekent dat de toedieningstechniek bekend moet zijn.

Voor kunstmest wordt uitgegaan van emissiekengetallen per kunstmestsoort volgens NEMA, waarbij het aantal categorieën beperkt is tot circa 25 kunstmestsoorten (Van Bruggen et al., 2024). De kunstmestsoorten die niet in deze lijst staan worden gekoppeld aan de best passende categorie.

Voor gewasresten wordt uitgegaan van gewasspecifieke emissiefactoren zoals afgeleid door De Ruijter en Huijsmans (2019).

Voorbeeldberekening

In tabel 1.3 is een voorbeeldberekening toegevoegd van het N-bodemoverschot.

Tabel 1.3 Voorbeeldberekening van het N-bodemoverschot voor een melkveebedrijf en een akkerbouwbedrijf.

	Melkveehouderij	Akkerbouw
Aanvoer (kg N/ha)		
Toegediende organische mest	140	140
Weidemest	30	
Toegediende kunstmest	174	90
Depositie	20	20
Biologische binding vlinderbloemigen	20	15
Veenmineralisatie	40	
Totaal	424	265
Afvoer, kg N/ha		
Geoogst gewasproduct	160	150
Weide-opname	80	
NH3-emissie veld	18	10
Totaal	258	160
Bodemoverschot, kg N/ha	166	105

⁸ www.bemestingsadvies.nl; www.handboekbodemenbemesting.nl

Datasystemen

In de melkveehouderij worden veel data opgeslagen in de Centrale Database KringloopWijzer. Na machtiging van de melkveehouder worden relevante data van RVO, voer- en mestleveranciers, melkafnemers en onderzoekslaboratoria automatisch gekoppeld aan bedrijf of percelen. Daarnaast zijn nog handmatig ingevulde data nodig over managementkeuzes zoals beweiding, verdeling dierlijke mest, bouwplan of herinzaai van grasland.

In de akkerbouw is er geen centrale databank. Alle gegevens dienen ingevoerd te worden door de boer of de adviseur, waarbij gebruik kan worden gemaakt van bedrijfsmanagementsystemen (met daarin onder andere de geregistreerde bemestingen met organische mest en kunstmest en opbrengsten van de geteelde gewassen, met wisselende kwaliteit qua betrouwbaarheid) en aan- en verkoopbonnen van kunstmest en verkochte oogstproducten. Alle basisgegevens voor aan- en afvoer van geoogste producten en meststoffen staan ook geregistreerd bij accountantsbureaus. Data over de arealen van de geteelde gewassen en aanvoer dierlijke mest zijn al geregistreerd bij RVO.

1.5 Vereenvoudigingsopties

Hieronder worden vereenvoudigde opties voor berekening van het N-bodemoverschot weergegeven. Het voordeel van de vereenvoudigde methoden is dat ze minder complex zijn, dat ze relatief lage administratieve kosten met zich meebrengen en dat ze relatief makkelijk zijn te borgen. Het nadeel is dat ze minder rekening houden met de variatie in bedrijfsvoering waardoor het geen recht doet aan de werkelijke prestatie van een bedrijf.

Er zijn drie vereenvoudigingsopties weergegeven: volledig forfaitair, verfijnd forfaitair en via een bedrijfsbalans.

Benadrukt moet worden dat het slechts gaat om globale voorbeelden. In opdracht van het ministerie van LNV worden deze vereenvoudigingsopties in 2025 verder verkend in een aanpalend project.

Volledig forfaitair

De berekening van het N-bodemoverschot vindt plaats op basis van de grootte en samenstelling van de veestapel (in de melkveehouderij), de grondsoort, en de oppervlakte per gewascategorie. Het bodemoverschot is dan uitsluitend gedifferentieerd naar veebezetting en gewas. Er wordt geen rekening gehouden met de specifieke bedrijfsvoering van het betreffende bedrijf. Er wordt uitgegaan van forfaitaire netto-N-excretienormen per diersoort en een forfaitaire gewas-N-afvoer. Ook de N-aanvoer met organische mest en kunstmest wordt forfaitair berekend. Wat betreft organische mest wordt op melkveebedrijven de plaatsingsruimte volledig benut en op akkerbouwbedrijven wordt uitgegaan van een gemiddelde aanvoer gebaseerd op data van

praktijkbedrijven. De aanvoer van kunstmest-N is dan gelijk aan de gebruiksnorm voor totale N minus de wettelijke werkzame N uit organische mest. De aanvoer via depositie en veenmineralisatie wordt ook meegenomen. De NH_3 -N-emissie wordt volledig forfaitair berekend (zie KPI NH_3 , vereenvoudigingsoptie 1).

De volledig forfaitaire optie biedt weinig zicht op de bedrijfsspecifieke prestatie. Het geeft echter wel een standaardwaarde als er geen bedrijfsinformatie beschikbaar is.

Verfijnd forfaitair

Deze optie is vergelijkbaar met optie 1, maar nu worden bepaalde posten van de N-bodembalans wat specifieker ingeschat op basis van eenvoudig beschikbare aanvullende bedrijfskenmerken die gerelateerd zijn aan het N-bodemoverschot (via regressie vastgesteld). Voorbeelden specifiek voor de melkveehouderij zijn stalsysteem-afhankelijke netto-N-excretie, melkureum en melkproductie afhankelijke netto-N-excretie, het toepassen van weidegang (wel of niet, los van de duur) als maat voor de berekende N-aanvoer met kunstmest en de forfaitaire gewasopname. Voor zowel melkveehouderij als akkerbouw kan gedacht worden aan geregistreerde hoeveelheden aangevoerde en afgevoerde mest en gebruik van het areaal vlinderbloemigen als maat voor N-aanvoer via biologische binding. Evenals bij de volledig forfaitaire optie wordt de N-aanvoer met depositie en veenmineralisatie meegenomen. De NH_3 -N-emissie wordt verfijnd forfaitair berekend op basis van bovengenoemde kenmerken (zie KPI NH_3 , vereenvoudigingsoptie 2).

Bij de verfijnd forfaitaire optie wordt meer rekening gehouden met de werkelijke bedrijfsprestatie dan bij de volledig forfaitaire optie. De waarde ervan hangt wel af hoe betrouwbaar de verschillende bedrijfskenmerken het N-bodemoverschot voorspellen.

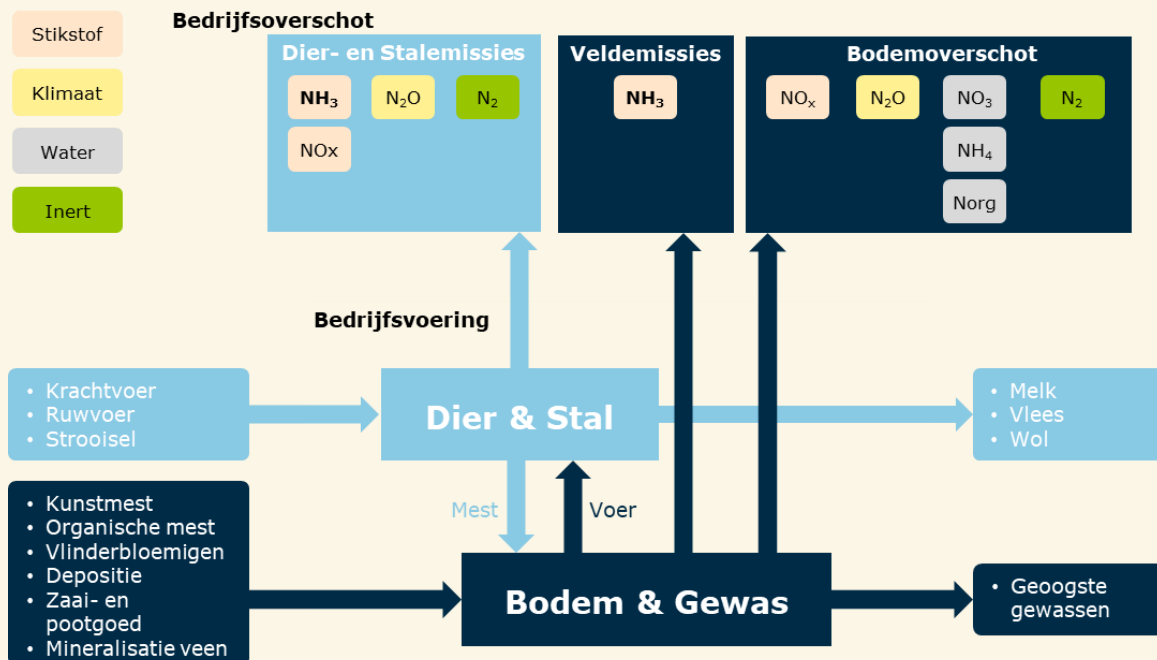
Bedrijfsbalans

Via registratie van aanvoer, afvoer en voorraadveranderingen van voer, organische mest, kunstmest, melk, dieren en oogstproducten op het bedrijf wordt een bedrijfsbalans berekend (zie ook kader hieronder). Ook hier wordt de N-aanvoer via depositie, veenmineralisatie en N-binding met vlinderbloemigen meegenomen. Het N-bodemoverschot wordt vervolgens berekend door de deels forfaitair berekende ammoniak-N-emissies (zie KPI NH_3 , vereenvoudigingsoptie 3) van het N-bedrijfsoverschot af te trekken.

Bij de bedrijfsbalansoptie worden de aan- en afvoerposten bedrijfsspecifiek berekend conform paragraaf 1.4. De ammoniakemissie is wel deels forfaitair berekend. Op bedrijven waar de ammoniakemissie relatief laag is (onder andere akkerbouwbedrijven) kan dit mogelijk een goede basis zijn.

N-bedrijfsoverschot

Stikstofverliezen kunnen op verschillende manieren worden berekend en vastgesteld. Onderstaand plaatje geeft schematisch weer welke stikstofverliezen plaatsvinden op een landbouwbedrijf met zowel dierlijke als plantaardige productie (zoals een melkveebedrijf). Het plaatje laat zien dat er meerdere verliesroutes zijn van stikstof die allemaal op een verschillende manier impact hebben. De oranje blokjes dragen bij aan biodiversiteitsverlies in natuurgebieden via depositie, de gele blokjes dragen bij aan klimaatverandering en de blauwe blokjes dragen bij aan biodiversiteitsverlies via eutrofiering van grond- en oppervlaktewater.



Bij het stikstofbedrijfsoverschot wordt alleen het totale stikstofverlies berekend zonder de afzonderlijke verliesroutes in beeld te brengen. Dit in tegenstelling tot het N-bodemoverschot waarbij alleen gekeken wordt naar de N-verliezen die in de bodem plaatsvinden (nitraatuitspoeling en gasvormige verliezen via denitrificatie, blokje rechtsboven in de figuur).

Voor de berekening van het N-bedrijfsoverschot hoeven alleen de aan- en afvoer van het bedrijf (inclusief voorraadmutaties) in beeld te worden gebracht. Dit kan gedaan worden op basis van registraties van aan- en afvoer van het bedrijf. Het is niet nodig om specifieke emissies te berekenen en ook de interne kringloop (voerproductie en voeropname) hoeft niet berekend te worden. Hierdoor zijn er veel minder onzekere datapunten in de berekening dan wanneer de verliesroutes wel gespecificeerd worden. Het zou een start kunnen zijn voor een kwantificering van de N-verliezen. Het nadeel van het hanteren van het bedrijfsoverschot is dat niet duidelijk kan worden gemaakt wat de specifieke bijdrage van het bedrijf aan verschillende emissie- en waterkwaliteitsdoelen is. Bovendien kan een laag bedrijfsoverschot nog steeds betekenen dat een bepaalde verliespost (te) hoog is. Een laag bedrijfsoverschot hoeft niet te

1.6 Verfiningsopties

Hieronder worden een aantal opties voor verdere verfining van de berekening van het N-bodemoverschot besproken. Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen verbetering van inschatting van balansposten enerzijds en mogelijkheden voor verbetering van de systematiek anderzijds.

Verbetering inschatting balansposten

Afvoer met oogstproduct

Bij oogstproducten op akkerbouwbedrijven wordt uitgegaan van gewasspecifieke forfaitaire N-gehalten.

Onderzoek heeft laten zien dat de variatie binnen een gewas aanzienlijk kan zijn (De Ruijter et al., 2019). Bij een aantal gewassen worden door verwerkers bepalingen gedaan aan het oogstproduct waaruit een N-gehalte zou kunnen worden afgeleid. Voorbeelden hiervan zijn eiwitgehalte van tarwe en brouwergerst en het alfa-amino-N-gehalte bij suikerbieten. Een stap verder is dat het N-gehalte wordt gemeten van afgevoerde oogstproducten.

Mineralisatie

Op dit moment wordt voor de veenmineralisatie een vaste waarde gebruikt van 235 kg N per ha per jaar. Mogelijk kan dit bedrijfsspecifieker worden gemaakt door rekening te houden met de ontwateringsstatus.

Ook op minerale gronden kan worden nagegaan of met behulp van een modelberekening een verandering in N-bodemvoorraad kan worden gekwantificeerd. Dit gebeurt bijvoorbeeld al in de KringloopWijzer waarin de koolstofmineralisatie wordt berekend met het model RothC (Coleman en Jenkinson, 2014) en via een C/N-verhouding ook de verandering van de N-voorraad in de bodem wordt berekend (Van Dijk et al., 2025).

Ammoniakemissie

De ammoniakemissie bij toediening van organische mest is mede afhankelijk van het NH_3 -N-gehalte van de organische mest. Bij de verplichte mestanalyse bij mesttransporten wordt alleen het N-totaal-gehalte bepaald en niet het NH_3 -N-gehalte. Daarom wordt in de berekening van de NH_3 -N-emissie meestal gewerkt met een forfaitair aandeel NH_3 -N in de totale N gebaseerd op gemiddelde gehalten zoals weergegeven in het bemestingsadvies.⁹ Hierbij wordt weliswaar wel rekening gehouden met verschillen tussen mestsoort, maar ook binnen mestsoorten is er een behoorlijke variatie. Daarom zou meting van het NH_3 -N-gehalte een zinvolle aanvulling kunnen zijn.

De ammoniakemissie wordt mede bepaald door de pH van de mest. Met name wanneer mest is aangezuurd (chemisch of biologisch) zal de emissiefactor lager zijn. Door de pH te meten bij de toediening zou dit kunnen worden verdisconteerd in de emissiefactor.

Ook verdere differentiatie naar kunstmestsoort is een optie, mede in combinatie met grondsoort. Met name op kalkrijke gronden zijn de risico's van gebruik van ureum- en ammoniumhoudende meststoffen het grootst.

N-binding vlinderbloemigen

Op dit moment worden vaak vaste waarden gebruikt voor de N-binding met vlinderbloemigen. Nagegaan zou kunnen worden of dit kan worden verbeterd onder andere door de N-binding te relateren aan de gewasopbrengst of in geval van vlinderbloemige groenbemesters te relateren aan het inzaaitijdstip.

Uitbreiding N-balans met aanvoer met uitgangsmateriaal en hulpmaterialen

In de N-balans wordt de aanvoer met uitgangsmateriaal en hulpmaterialen niet meegenomen. Bij uitgangsmateriaal zou vooral kunnen worden gekeken

naar de aanvoer met pootgoed van aardappelen. Hiermee wordt naar schatting 5-15 kg N per ha aangevoerd per ha aardappelen. Op bedrijven met veel aardappelen zou dit een zinvolle aanvulling kunnen zijn.

Bij hulpmaterialen gaat het bijvoorbeeld om dekstro, dat in een aantal gevallen wordt gebruikt bij de teelt van bloembollen en winterpeen. Op akkerbouwbedrijven is het echter meestal een kleine post.

Verbetering systematiek

Meting mineraal N-residu

Binnen het mestbeleid¹⁰ worden de mogelijkheden van doelsturing verkend, waarbij de boer onder voorwaarden een uitzondering kan krijgen op een deel van de generieke maatregelen uit het 8^e actieprogramma Nitraatrichtlijn (onder andere uiterlijk inzaaitijdstip van een vanggewas en verplichte rotatie met rustgewassen). Een belangrijke pijler hierbij is het meten van het minerale N-residu in de herfst als indicator voor de nitraatuitspoeling naast het berekende N-bodemoverschot. Het minerale N-residu kan mogelijk als verfijningsoptie van het N-bodemoverschot worden gebruikt (of eventueel als alternatief), maar deze optie is nog in onderzoek.

Totaal of werkzame N

Een verder aandachtspunt is dat N-bodemoverschot de totale hoeveelheid aangevoerde N omvat, inclusief organische N. Deze organische N komt deels in het jaar van gebruik vrij en deels in de jaren erna. Alleen wanneer de jaarlijkse aanvoer van organische N (via organische mest en gewasresten) in evenwicht is met de jaarlijkse afbraak van organische N (uit in de jaren ervoor toegediende organische mest en gewasresten en de organische stof in de bodem) zal het N-bodemoverschot het beste relateren aan de hoeveelheid uitgespoelde N. Bij verandering van bouwplan of verandering van organische mestgebruik zal zich eerst weer een nieuw evenwicht moeten instellen. Opties zijn het werken met een werkzaam N-bodemoverschot in plaats van een totaal N-bodemoverschot, zoals gedaan in het uitspoelingsmodel voor lössgronden (Ros et al., 2018), of het opnemen van een extra aan- of aanvoerpost bij verandering van de N-bodemvoorraad.

⁹ www.bemestingsadvies.nl; www.handboekbodemenbemesting.nl

¹⁰ [Concept 8e actieprogramma Nitraatrichtlijn 2026-2029 | Rapport | Rijksoverheid.nl](#)

2 Referentiewaarden: wat weten we over KPI-scores?

Referentiewaarden kunnen gebruikt worden om KPI scores te duiden: hoe verhoudt de score zich tot het huidige gemiddelde, tot waarden die in theorie gehaald kunnen worden of tot waarden die nodig zijn voor doelbereik? Zie voor uitleg paragraaf 3.3 van het hoofdrapport.

In dit hoofdstuk worden de verschillende referentiewaarden gepresenteerd: benchmarks waarbij de bedrijfswaarde wordt vergeleken met de prestaties van andere vergelijkbare bedrijven. Maar er kan ook direct vanuit doelwaarden voor waterkwaliteit een toelaatbaar N-bodemoverschot worden afgeleid. Voor het N-bodemoverschot worden beide opties hieronder toegelicht. Voor de benchmarks is uitgegaan van resultaten uit het Bedrijveninformatienet¹¹ waarin het N-bodemoverschot is berekend voor de deelnemende melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven (2.1 en 2.2) en referentiewaarden op basis van theoretisch haalbare waarden (2.3). Tot slot wordt ingegaan op drempel- en streefwaarden die nodig zijn voor doelbereik (2.4).

2.1 Informatienet-benchmarks

In de melkveehouderij wordt op vrijwel alle Nederlandse melkveebedrijven stikstofoverschot jaarlijks berekend met rekeninstrument KringloopWijzer (KLW). In KLW worden benchmarks gehanteerd op basis van grondsoort, intensiteit en gangbaar/biologisch, met in totaal 36 groepen (5 grondsoorten, 7 intensiteitsklassen, gangbaar/biologisch). De benchmarks zijn gebaseerd op de gemiddelden van de voorgaande 3 jaren van de 36 groepen bedrijven. Omdat benchmarks in KLW niet openbaar zijn worden in deze paragraaf alleen resultaten en benchmarks uit het Bedrijveninformatienet beschreven.

De benchmarks geven een beeld van de verdeling van de prestaties van de Informatienet-bedrijven in de melkveehouderij en akkerbouw (tabel 2.1). In tabel 2.1 is onderscheid gemaakt naar grondsoort en intensiteit van de bedrijven (alleen voor gemiddelde waarden). Voor melkveebedrijven is daarbij uitgegaan van drie klassen van melkproductie per ha en bij de akkerbouw van drie klassen van Standaardopbrengst (SO/ha). Dit is

een maat voor de economische omvang van het bedrijf die niet alleen het areaal, maar ook de geldopbrengst per gewas meeneemt.

De berekende N-bodemoverschotten zijn berekend zoals beschreven in paragraaf 1.3 en 1.4. Meer informatie over verloop van het N-bodemoverschot kan worden gevonden via Agrimatie.¹²

Het gemiddelde N-bodemoverschot op melkveebedrijven is 154 kg per ha. De 25%, 50% en 75% percentielen zijn respectievelijk 95, 146 en 193 kg per ha (tabel 2.1). Het gemiddelde N-bodemoverschot is op zand/löss het laagst en op veen het hoogst (tabel 2.2). Bij de veenbedrijven is het N-bodemoverschot inclusief de mineralisatie door afbraak van veen van 235 kg per ha. De lagere N-bodemoverschotten bij zand zullen waarschijnlijk deels ook samenhangen met de lagere bemestingsruimte door strengere gebruiksnormen dan op klei en veen. Verder is het N-bodemoverschot in het algemeen hoger bij een hogere melkproductie per ha. Dit effect is op de kleibedrijven wat duidelijker dan op de zand- en veenbedrijven.

Het gemiddelde N-bodemoverschot op akkerbouwbedrijven is 120 kg per ha. De 25%, 50% en 75% percentielen zijn respectievelijk 67, 119 en 167 kg per ha (tabel 2.1). Het gemiddelde N-bodemoverschot op zand, klei en löss is respectievelijk 99, 132 en 81 kg per ha (tabel 2.2). Ook voor akkerbouwbedrijven geldt dat het lagere N-bodemoverschot op zandbedrijven waarschijnlijk deels wordt veroorzaakt door lagere gebruiksnormen dan op kleigrond. Er is geen duidelijk verband tussen de intensiteit van de bedrijven (uitgedrukt in SO/ha) en het N-bodemoverschot.

In het algemeen zijn de N-bodemoverschotten op melkveebedrijven hoger dan op akkerbouwbedrijven. De aanvoer van kunstmest en dierlijke mest en de afvoer van stikstof met het geoogste gewas kunnen zeer verschillend zijn op grasland en bouwland.

¹¹ Hoewel de afkorting 'BIN' in figuren wordt gebruikt, schrijven we in de lopende tekst de volledige naam uit of 'Informatienet'.

¹² <https://agrimatie.nl/lmm/onderwerpen/overschotten/>

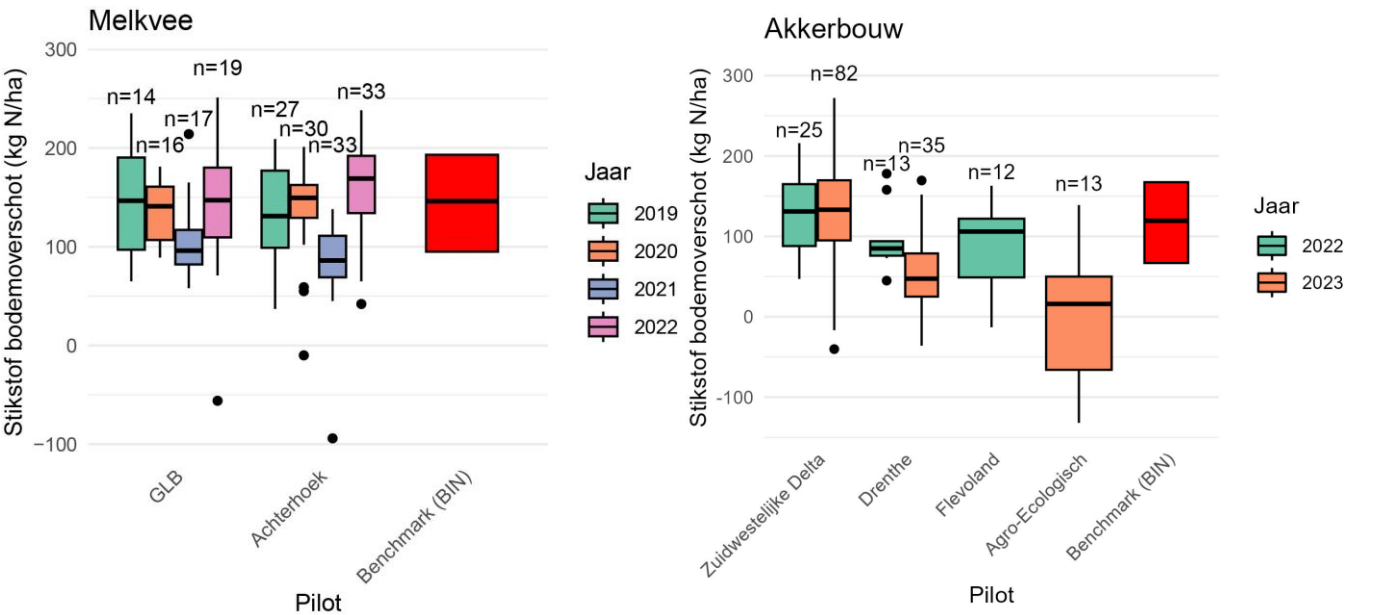
Tabel 2.1 Gemiddelde waarden en 25/50/75-percentielwaarden van het N-bodemovershot voor melkveehouderij en de akkerbouwbedrijven.

	Melkveebedrijven	Akkerbouwbedrijven
Gemiddelde	154	120
25-percentiel	95	67
50-percentiel	146	119
75-percentiel	193	167

Tabel 2.2 Gemiddelde N-bodemoverschotten op Informatienet-melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven in relatie tot grondsoort en intensiteit (periode 2020-2022).

Sector	Grondsoort	Alle bedrijven	Naar intensiteit a)		
			Extensief	Gemiddeld	Intensief
Melkveehouderij	Alle grondsoorten	154	150	156	154
	Zand/löss	121	109	126	122
	Klei	146	114	148	163
	Veen	302	285	325	301
Akkerbouw	Alle grondsoorten	120	109	131	117
	Zand	99	92	101	101
	Klei	132	119	150	124
	Löss	81			

a) Melkveehouderij: extensief: < 14.000 kg melk/ha; midden: 14.000-19.000 kg melk/ha; intensief: > 19.000 kg melk/ha;
Akkerbouw: extensief: SO < 33-percentiel; midden: SO = 33-66-percentiel; intensief: SO > 66-percentiel



Figuur 2.1 Gemiddelde (getrokken zwarte streep) en spreiding N-bodemovershot (boxplot: onderkant = 25-percentiel en bovenkant = 75-percentiel) in de melkveehouderij- en akkerbouwpijots en de benchmark op de Informatienet-bedrijven.

2.2 Praktijkresultaten pilots

In het kader van het KPI-K-project zijn in 2022 en 2023 diverse pilots uitgevoerd met groepen boeren waarin op basis van de bedrijfsregistraties het N-bodemoverschot is berekend. De resultaten zijn in figuur 2.1 weer-gegeven voor zowel de pilots in de melkveehouderij als die in de akkerbouw. Ook zijn de benchmarkwaarden weergegeven (rode blokjes).

In het algemeen zijn de gemiddelde N-bodemoverschotten in de akkerbouw lager dan in de melkveehouderij. Tussen de akkerbouwgroepen is er een behoorlijke variatie die wordt veroorzaakt door onder andere verschillen in organische mest-N-aanvoer en door verschillen in bouwplansamenstelling. Uit analyse is gebleken dat op de akkerbouwbedrijven vooral de organische mest-N-aanvoer een belangrijke verklarende factor was voor verschillen in N-bodemoverschot. Ook binnen de groepen was de variatie groot. Op de melkveebedrijven was de variatie tussen de groepen geringer, maar binnen de groepen was ook hier forse variatie.

2.3 Theoretisch haalbaar

Theoretisch mogelijke waarden weerspiegelen de best mogelijke prestatie op de KPI, nu en in de nabije toekomst. Het gaat er hierbij om wat technisch mogelijk is voor een geïsoleerde KPI, niet om wat economisch haalbaar is, en niet op systeemniveau in samenhang met andere KPI's. Wel dient er nog een bedrijfsvoering te zijn die gericht is op een bepaalde mate van productie van gewassen of dieren.

Uit de analyse van de pilots bleek dat de meest bepalende factor voor verklaring van verschillen in N-bodemoverschot tussen bedrijven de hoogte van de aanvoer met N uit meststoffen is. In theorie kan met een sterk verlaagde N-aanvoer met meststoffen of zelfs een nulbemesting het N-bodemoverschot worden verlaagd naar 0 of zelfs negatief worden. Dit heeft wel gevolgen voor de gewasproductie. Bovendien zal een dergelijke strategie ook leiden tot lange termijneffecten op de N-bodemlevering, omdat er minder organische stof wordt aangevoerd.

In het project Planty Organic wordt bij een 6-jarige rotatie met biologische akkerbouw- en groentegewassen geen N uit meststoffen aangevoerd. De N-voorziening verliep volledig via binding door vlinderbloemigen en vrijkomende N uit op het eigen bedrijf geteelde maaimeststoffen en groenbemesters (Van der Burgt et al., 2017). Het berekende N-overschot bedroeg 32 kg N per ha (2012-2016), waarbij de aanvoer enkel bestond uit binding door vlinderbloemigen (68 kg N per ha) en depositie (28 kg N per ha).

Een benadering kan ook zijn om te kijken wat met een vergaand management mogelijk is. Ros et al. (2025) hebben gekeken naar theoretische maximale reductie van het N-bodemoverschot via een betere bemestingspraktijk, gewasmanagement en bodembeheer. Zij concludeerden dat het N-bodemoverschot met circa 40% kon worden verlaagd en de N-verliezen naar grond- en oppervlaktewater met 39-46%. Als dit percentage wordt toegepast op de gemiddelde benchmarkwaarden voor de melkvee- en akkerbouwbedrijven zou dit leiden tot een N-bodemoverschot van respectievelijk 110 en 75 kg N per ha.

Op proefbedrijf Vredepeel wordt systeemonderzoek uitgevoerd in een akkerbouwrotatie met groenten (De Haan et al., 2018) waarin zo scherp mogelijk wordt bemest. Het gemiddelde N-bodemoverschot bedroeg 89 en 102 kg N per ha in de periode 2011-2016, maar varieerde tussen de jaren van 43 tot 127 kg N per ha. Op melkveeproefbedrijf De Marke op zandgrond werd in de periode 2020-2023 een N-bodemoverschot van 94 kg N per ha gerealiseerd, op de Koeien & Kansen bedrijven was in dezelfde periode het N-bodemoverschot 150 kg N per ha.

2.4 Drempel- en streefwaarden doelbereik

Vanuit waterkwaliteitsdoelen voor N (maximaal toelaatbare gehalten in grond- en oppervlaktewater) zijn er opties om vanuit deze doelen een toelaatbaar N-bodemoverschot af te leiden per bedrijf, zoals dat is voorgesteld door Ros et al. (2023). Wat betreft grondwaterkwaliteit zou kunnen worden uitgegaan van de systematiek van uitspoelfracties zoals afgeleid door het RIVM (Brussée et al., 2024). Hiermee kan vanuit een streefwaarde voor het N-gehalte het hiermee corresponderende toelaatbare N-bodemoverschot worden berekend via:

$$\text{Toelaatbaar N-bodemoverschot (kg/ha)} = (\text{NGEH}_{\text{sw}} * \text{NO}) / (\text{UF} * 100)$$

Waarbij:

NGEH_{sw} = streefwaarde N-gehalte (mg/l)

NO = gemiddeld neerslagoverschot (mm)

UF = uitspoelfractie, fractie van N-bodemoverschot dat uitspoelt

In tabel 2.3 zijn ter illustratie voor een aantal situaties de waarden gegeven voor UF, NO en bijbehorend toelaatbaar N-bodemoverschot bij een nitraatgehalte van 50 mg per liter in het uitspoelwater. Er zijn uitspoelfracties afgeleid voor grondsoortregio's (bovenste deel tabel 2.3) en voor zandgrond ook per grondwatertrap (GT) (onderste deel tabel 2.3). Bij de gemiddelde uitspoelfracties per grondsoortregio is niet gecorrigeerd voor de aanwezigheid van andere grondsoorten dan de hoofdgrondsoort op de meetbedrijven binnen het

Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM). Op zandbedrijven zijn bijvoorbeeld ook moerige/venige gronden en kleigronden aanwezig. Er zijn inmiddels ook uitspoelfracties voor de afzonderlijke zandgebieden (hier niet weergegeven). Bij de GT-specifieke uitspoelfracties voor zandgrond is gecorrigeerd voor de aanwezigheid moerige en venige gronden (niet voor aanwezigheid van kleigrond).

Het algemene beeld is dat voor grasland de uitspoelfracties veel lager zijn dan voor bouwland. Dit leidt ertoe dat op grasland de toelaatbare N-bodemoverschotten aanzienlijk hoger zijn dan voor bouwland (zie tabel 2.3). Verder zijn er duidelijke grondsoortverschillen, op veen en klei zijn de uitspoelfracties in het algemeen hoger dan op zand- en lössgrond. Verder is op drogere zandgronden de uitspoelfractie hoger dan op nattere zandgronden (vergelijk GT VII met GT IV in tabel 2.3).

Benadrukt moet worden dat deze relaties zijn afgeleid op regionaal niveau. Vanwege de grote variatie in de relatie tussen het N-bodemoverschot en het N-gehalte in het uitspoelwater, kunnen deze relaties niet zo maar worden toegepast om op bedrijfs- of perceelsniveau vanuit het N-bodemoverschot het nitraatgehalte te voorspellen (Noij en Ten Berge, 2018). Anderzijds kan er wel op gebieds- en bedrijfsniveau een toelaatbaar N-bodemoverschot worden afgeleid waarmee op gebiedsniveau de doelen voor de Nitraatrichtlijn worden gerealiseerd.

Eventuele verfijningen zijn mogelijk door na te gaan of uitspoelfracties meer verder kunnen worden

gedifferentieerd naar bouwlandgewas, zoals gedaan in het uitspoelingsmodel voor lössgronden ontwikkeld door Ros et al. (2018).

Een dergelijke benadering zou in theorie ook mogelijk moeten zijn voor *oppervlaktewater*. De vertaling van normen voor oppervlaktewater naar bedrijfsdoelen is echter lastiger dan voor grondwater, omdat hierbij meerdere bronnen een rol spelen, zoals inlaat van water van buitenaf en lozing door rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI's). Wel zou als insteek kunnen worden genomen dat in gebieden waar de N-belasting de beperkende factor is voor de ecologie, het N-gehalte in het uitspoelwater niet hoger zou mogen zijn dan het maximaal toelaatbare N-gehalte. Dit maximale toelaatbare N-gehalte zou per polder of stroomgebied kunnen worden afgeleid van bestaande watersysteem-analyses (van waterschappen) of worden afgeleid van de landelijke modellen voor waterkwaliteit. Gezien de complexiteit van de rol van stikstof voor de waterkwaliteit is het gebruik van hiervan voor de ontwikkeling van streefwaarden voor het bodemoverschot complex, en is mogelijk het beter om te sturen op kennis en maatregelen om het risico van afspoeling te beperken via de vier juistheden van bemesting (juiste meststof, juiste hoeveelheid, juiste tijdstip, juiste plaats). Mogelijk kan een grondsoort- en gewasafhankelijke relatie worden opgesteld tussen het bodemoverschot en de totale N-belasting naar het oppervlaktewater; hiermee wordt direct gestuurd op een ecologische sleutelfactor (de belasting) in plaats van het stikstofgehalte (dat beïnvloed wordt door de ecologie zelf).

Tabel 2.3 Afgeleide uitspoelfracties (UF), bijbehorende neerslagoverschotten (NO) voor grasland en bouwland (Brussée et al., 2024) en hieruit afgeleid toelaatbaar N-bodemoverschot bij een nitraatgehalte van 50 mg per liter in het uitspoelwater.

Grondsoortregio	Grasland			Bouwland		
	UF	NO (mm)	Toelaatbaar N-bodemoverschot (kg/ha)	UF	NO (mm)	Toelaatbaar N-bodemoverschot (kg/ha)
Per grondsoortregio a)						
Zand	0,18	304	191	0,53	368	78
Löss	0,14	302	>200	0,74	336	51
Klei	0,11	326	>200	0,33	361	124
Veen	0,06	314	>200			
Zand, per grondwatertrap (GT) b)						
IV	0,14	295	>200	0,38	367	109
VI	0,21	297	160	0,58	359	68
VII	0,27	307	128	0,74	361	54

a) voor zand gebaseerd op de periode 1991-2020 en voor löss op de periode 2006-2020; b) gebaseerd op de periode 1996-2020.

3 Handelingsperspectief en samenhang

Figuur 3.1 en tabel 3.1 geven een overzicht van een aantal maatregelen die het N-bodemoverschot kunnen verlagen. Hieronder volgt een toelichting.

Melkveehouderij en akkerbouw

Verlaging van het N-bodemoverschot is mogelijk door de aanvoer te verlagen en/of de afvoer te verhogen. Verlaging van de aanvoer loopt vooral via verlaging van de N-aanvoer met meststoffen. Vaak zal eerst worden gekeken naar verlaging van de kunstmestaanvoer. Dat is mogelijk via een efficiënte toediening onder andere met precisietechnieken al dan niet op basis van gewas- en bodemmonitoring. Ook een optimale toediening van organische mest kan leiden tot minder kunstmestgebruik, zeker wanneer rekening gehouden wordt met N-nalevering uit ondergewerkte vanggewassen/groenbemesters en gewasresten (onder andere gescheurd grasland, bietenblad). Ook een juiste verhouding tussen gebruik van organische mest en kunstmest kan bijdragen aan een hoger benutting en ook de verdeling van organische mest over de gewassen in het bouwplan kan hieraan bijdragen. Tenslotte kan ook een hogere N-opname-efficiency van het gewas (bijvoorbeeld door betere rassen) de benodigde input van meststoffen en daarmee het N-bodemoverschot verlagen.

De inzet van vlinderbloemigen verlaagt het meststof-N-gebruik, maar de vraag is of daarmee ook het N-bodemoverschot wordt verlaagd. De vlinderbloemige bindt N uit de lucht en dat is ook een input op de bodembalans.

Een derde aanpak die zowel invloed kan hebben op de N-aanvoer als de N-afvoer is aanpassing cq. optimalisering van het bouwplan en de gewasrotatie. Er zijn verschillen in N-bodemoverschot tussen gewassen.

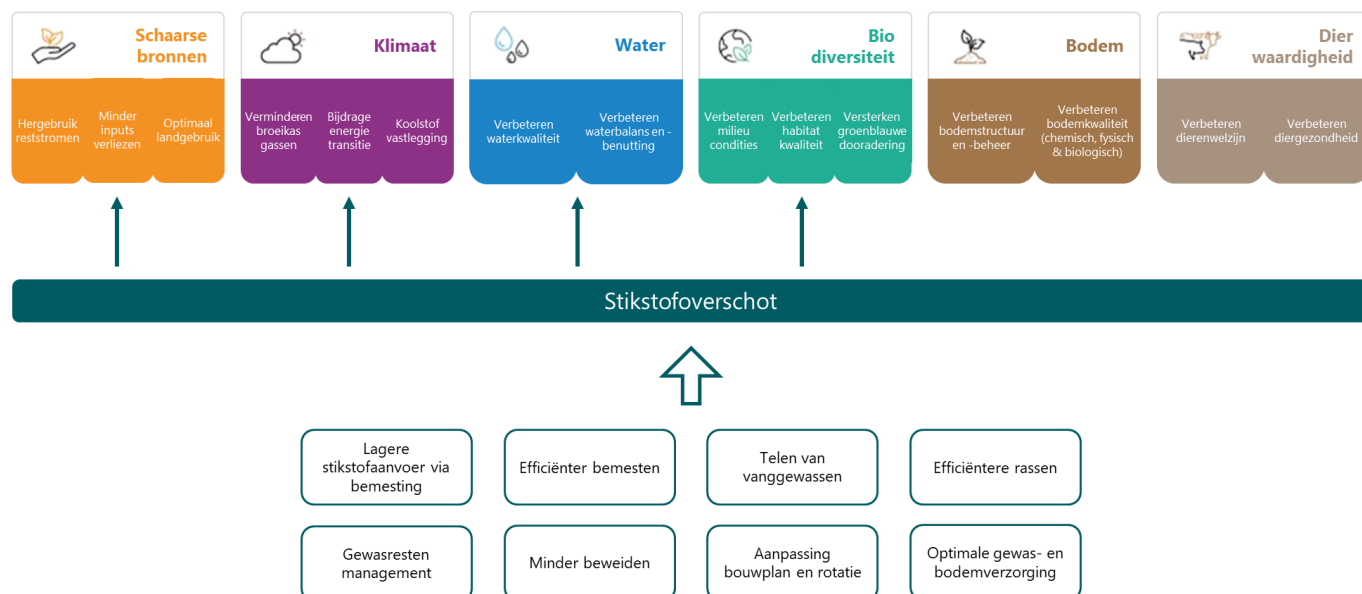
Ook de gewasvolgorde speelt een rol. Hierbij kan gedacht worden aan de afwisseling van diep en ondiep wortelende gewassen op gronden waar een diepe beworteling mogelijk is (onder andere lössgrond). In een dergelijke situatie is een diepwortelend gewas nog in staat N die bij het voorgaande gewas is achtergebleven op te nemen. Ook in wisselbouwsystemen speelt de gewasvolgorde een rol bij de benutting van de vrijgekomen stikstof na het scheuren van het gras.

Verhoging van de N-afvoer is lastiger te beïnvloeden, maar de grote variatie in N-afvoer tussen bedrijven laat zien dat hier mogelijkheden liggen tot verbetering. Deels hangt deze af van de groeiomstandigheden. Beïnvloeding is mogelijk door een optimale gewas- en bodemverzorging.

Melkveehouderij

Op melkveebedrijven kunnen ook maatregelen worden genomen die de uitscheiding van N verlagen (onder andere eiwitarm voeren en hogere dierefficiëntie (deel van de door het dier opgenomen N dat in het dierlijke product terecht komt)). Deze maatregelen leiden doorgaans niet tot minder mest-N-aanvoer naar de bodem (wel tot minder mestafvoer van het bedrijf), tenzij er door deze maatregel minder mest-N wordt toegediend dan de gebruiksnorm. Het N-bodemoverschot wordt er daardoor minder door beïnvloed. Wel kan er enig effect zijn via een lagere NH_3 -N-emissie bij mesttoediening, waardoor het N-bodemoverschot stijgt.

Minder beweiding kan het N-bodemoverschot verlagen, doordat in de stal opgevangen mest efficiënter kan worden benut door het gewas. Hierdoor is er minder kunstmest nodig of bij een gelijkblijvend gebruik zal de afvoer met gewas gaan stijgen.



Figuur 3.1 Relatie tussen doelen, KPI en maatregelen voor KPI Stikstofoverschot.

Tabel 3.1 Mogelijke maatregelen om het N-bodemoverschot te verlagen op melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven (x = gunstig effect op N-bodemoverschot; x = gering tot geen effect op N-bodemoverschot).

Maatregel	Melkveehouderij	Akkerbouw
Lagere N-aanvoer meststoffen via efficiëntere bemesting		
Goede balans tussen organische mest en kunstmest	x	x
Optimale toediening (onder andere precisiebemesting)	x	x
Rekening houden met verschillen in N-behoefte tussen percelen	x	x
Inzet vanggewassen	x	x
Rekening houden met N-nalevering ingewerkte vanggewassen en gewasresten	x	x
Inzet vlinderbloemigen	x	x
Eiwitarmer voeren	x	
Minder beweiden	x	
Hogere efficiëntie		
Dieren	x	
Gewassen	x	x
Aanpassing bouwplan	x	x
Optimale gewasvolgorde	x	x
Optimale gewas- en bodemverzorging	x	x

Neveneffecten

Maatregelen om het N-bodemoverschot te verminderen kunnen zowel gewenste als ongewenste neveneffecten hebben. Hieronder worden beide toegelicht.

Positief

Minder broeikasgasemissies

Broeikasgasemissies, zoals koolstofdioxide, methaan en lachgas, dragen bij aan de opwarming van de aarde. Het sturen op een lager N-bodemoverschot kan in veel gevallen leiden tot een lagere aanvoer van N met meststoffen. Dit resulteert in lagere directe lachgasemissies uit de bodem bij gebruik van meststoffen en lagere indirecte lachgasemissies onder andere door lagere nitraatverliezen. Daarnaast kan er een effect zijn op de indirecte broeikasgasemissies voor productie van kunstmest, indien een lager N-bodemoverschot mede een gevolg is van een lager kunstmestgebruik, en er geen afwenteling heeft plaatsgevonden naar ammoniak.

Minder ammoniakemissies

Als verlaging van het N-bodemoverschot leidt tot verlaging van de aanvoer van N met meststoffen zal, afhankelijk van het $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{-N}$ gehalte van de gebruikte meststoffen, ook de aanvoer met $\text{NH}_3/\text{NH}_4\text{-N}$ met meststoffen dalen. Hierdoor dalen ook de risico's van ammoniakemissies bij toediening.

Verhoging biodiversiteit

Indien door verlaging van het N-bodemoverschot de N-belasting naar het oppervlaktewater afneemt, kan dit gunstig zijn voor de ecologische toestand van het water. Deze is echter wel van meer factoren afhankelijk dan alleen het N-gehalte. Als verlaging van het N-bodemoverschot een gevolg is van verlaging van de aanvoer van organische mest daalt ook de organische stofaanvoer. Dit kan ongunstig zijn voor de ondergrondse biodiversiteit door minder aanbod van voedsel voor bodemorganismen. Dit treedt op in bodems met een laag organische stofgehalte; een situatie die in Nederland weinig voorkomt. Dit moet echter wel binnen de totale aanvoer van organische stof op een bedrijf worden bekeken.

Schaarse grondstoffen

Als verlaging van het N-bodemoverschot leidt tot een efficiënter gebruik van N-meststoffen, leidt dit tot een verlaagd gebruik van schaarse grondstoffen, zoals energie nodig voor de productie van kunstmest-N.

Negatief

Lagere organische stofvoorziening

Het sturen op een laag N-bodemoverschot kan leiden tot een lagere aanvoer van organische stof, bijvoorbeeld indien een lager N-bodemoverschot (deels) wordt gerealiseerd door een verlaging van de organische

mestaanvoer. Dit moet echter wel worden gezien in het plaatje van de totale organische stofsituatie op het bedrijf als ook het gewenste gehalte aan organische stof in de bodem.

Andersom zal het verhogen van de organische stof aanvoer naar de bodem doorgaans ook leiden tot een hogere N-aanvoer naar de bodem, omdat in veel gevallen de koolstofaanvoer is gekoppeld aan de N-aanvoer. Bovendien is de extra aangevoerde N deels aanwezig in de organische vorm, die met name bij bouwlandgewassen door het relatief korte periode van actieve N-opname minder efficiënt wordt benut dan N in minerale vorm. Hierdoor zal verhoging van de organische stofaanvoer doorgaans leiden tot een hoger N-bodemoverschot, zolang de stikstofdynamiek niet is verdisconteerd in de berekening van de streefwaarden voor deze KPI.

4 Discussie

4.1 Overwegingen bij de keuze voor deze KPI

Indicatoren voor waterkwaliteit variëren van N-aanvoer, N-bodemoverschot tot het meten van de minerale N-residu in de bodem in de herfst en het meten van het N-gehalte in grond- en oppervlaktewater (Noij & Ten Berge, 2019). In vergelijking met de N-aanvoer zal het N-bodemoverschot in het algemeen een betere indicator zijn, omdat rekening wordt gehouden met zowel de N-aanvoer als de N-afvoer. Het N-bodemoverschot is daardoor een veel gebruikte indicator voor het inschatten van risico's voor N-uitspoeling en is op basis van beschikbare bedrijfsdata zonder aanvullende metingen relatief goed te berekenen.

Een alternatief is de meting van het mineraal N-residu. Deze heeft doorgaans een sterkere relatie met het operationele management in het voorafgaande groeiseizoen, terwijl het N-bodemoverschot langere termijneffecten juist beter meeneemt. Het mineraal N-residu vereist een extra meting. In het 8^e Nitraatactie-programma zal hiermee ervaring worden opgedaan en aan de hand daarvan kan worden nagegaan of het mineraal N-residu de KPI N-bodemoverschot kan versterken of zou kunnen vervangen (zie ook de aanbevelingen in hoofdstuk 5).

Het N-bodemoverschot is met name een goede indicator voor de stikstofuitspoeling naar het grondwater. De relatie met de stikstofuitspoeling naar het oppervlaktewater is minder duidelijk. Bovendien zijn nutriëntenconcentraties waaronder N in het oppervlaktewater niet leidend bij de beoordeling van de waterkwaliteit, ze zijn

Sociaal-economische effecten

Positief

In zowel de melkveehouderij als de akkerbouw zijn besparingen mogelijk op de aankoop van kunstmest, en zijn er mogelijkheden om via goed beheer van bodem, gewassen en meststoffen de opbrengst te verhogen bij gelijkblijvende of bij lagere N-bemesting.

Negatief

In zowel de melkveehouderij als de akkerbouw kan verlagen van de N-aanvoer leiden tot productie- of kwaliteitsverlies van gewassen als er niet integraal is nagedacht over de N-stromen op het bedrijf en de aanwezige bottlenecks die gewasproductie belemmeren. Op melkveebedrijven kan dit leiden tot hogere voeraankopen of een lagere melkproductie. Ook kunnen bepaalde maatregelen kosten met zich meebrengen zoals de inzaai vanggewassen.

daarin ondersteunend voor de ecologische toestand in het groeiseizoen (de zomer).

4.2 Sterkte en zwakte van deze KPI

Binnen het KPI-K-project heeft een beoordeling plaatsgevonden van de sterke en zwakte punten van de KPI's in de kernset. Deze beoordeling is gedaan door onderzoekers betrokken bij de inhoudelijke ontwikkeling van de KPI, door het team operationalisering dat werkt aan het automatiseren en koppelen van KPI-berekeningen en door het team van Boerenverstand dat de praktijkpilots begeleidt. De beoordeling vond plaats op drie hoofdcriteria: 1) wetenschappelijke onderbouwing, 2) bruikbaarheid en 3) data. Meer informatie over het gehanteerde beoordelingskader is te vinden in paragraaf 3.4 van het hoofddrapport. De resultaten van de beoordeling van de KPI N-bodemoverschot zijn samengevat in figuur 4.1. In de navolgende paragrafen worden deze resultaten verder toegelicht en geduid.

Wetenschappelijke onderbouwing

Bij de wetenschappelijke onderbouwing is er een verschil tussen de relatie van het N-bodemoverschot met de grondwaterkwaliteit en de oppervlaktewaterkwaliteit. Voor de grondwaterkwaliteit is er op gebiedsniveau sprake van een redelijke relatie met het N-bodemoverschot. Op basis van beschikbare relatie kunnen drempel en streefwaarden worden afgeleid voor verschillende situaties (onder andere grondgebruik, grondsoort en diepte grondwaterstand). Voor oppervlaktewater is dat veel complexer (zie ook paragraaf 2.4). Voor het

N-bodemoverschot zijn voor zowel melkveehouderij- als akkerbouwbedrijven benchmarks beschikbaar.

Bruikbaarheid

Het N-bodemoverschot is goed te beïnvloeden door management op bedrijven onder andere via aanpassing van de N-aanvoer via meststoffen en in minder mate door verhoging van de N-afvoer. De berekening is transparant en goed te begrijpen en voor grondwaterkwaliteit kunnen drempel- en streefwaarden worden afgeleid. Ook internationaal wordt deze indicator gebruikt, wel kunnen definities verschillen tussen landen. De KPI is breed toepasbaar op melkvee- en akkerbouwbedrijven. Voor specifieke tuinbouwbedrijven kan met name de schatting van de N-afvoer lastiger zijn door de minder goede beschikbaarheid van oogstgegevens en N-gehalten in oogstproduct.

Databeschikbaarheid en -borging

De benodigde bedrijfsdata zijn een aandachtspunt. In de melkveehouderij wordt de KringloopWijzer breed toegepast, terwijl in de akkerbouw een dergelijke structuur er nog niet is. Verder is het van belang dat gaat om geborgde gegevens.

Een deel van de benodigde bedrijfsdata zijn goed te borgen. Dit betreft vooral data die bij RVO beschikbaar zijn zoals, dierlijke mest aan- en afvoer en gewasarealen. De afvoer met oogstproduct op akkerbouwbedrijven is op dit moment nog niet goed borgbaar. In de melkveehouderij worden in de KringloopWijzer interne stromen berekend, mede op basis van data die de ondernemers zelf invoeren. Dat maakt de borging van deze data lastiger. Dat geldt ook voor de inschatting van voorraadveranderingen van verschillende producten (onder andere organische mest, kunstmest en voer).

Criterium	Score (0, 1 of 2)	Toelichting
<i>Wetenschappelijke onderbouwing</i>		
a. Relatie met doelen	1	Score varieert van 1 tot 2. Er is een relatie met waterkwaliteitsdoelen, maar deze is wel met veel variatie omgeven. Voor grondwater is deze duidelijker dan voor oppervlaktewater.
b. Voldoende accuraat en precies	1	Consistente score. Belangrijke aanvoerbronnen zoals kunstmest en dierlijke mest zijn goed vast te stellen. Voor depositie kan worden uitgegaan van regionale meetwaarden. De overige aanvoerposten (mineralisatie veengronden en biologische N-binding) gebeurt nu via relatief ruwe forfaitaire waarden. De afvoerpost met oogstproduct is redelijk vast te stellen via de totale hoeveelheid afgevoerd product, terwijl voor NH ₃ -emissie vaste emissiefactoren per toedieningstechniek worden gebruikt.
c. Beoordelingswaarde beschikbaar	1	Score van 1 tot 2. Er zijn benchmarkwaarden beschikbaar. Daarnaast zijn er toelaatbare N-bodemoverschotten af te leiden uit relaties tussen het N-bodemoverschot en het gemeten nitraatgehalte in het uitspoelwater (RIVM-systematiek met betrekking tot uitspoelfracties). Voor oppervlaktewater is de relatie tussen het N-bodemoverschot en de waterkwaliteit complexer.
<i>Bruikbaarheid</i>		
d. Beïnvloed door handelen	2	Consistente score. De KPI is relatief goed te beïnvloeden door ondernemers met name via de aanvoer van N uit meststoffen. Aan de afvoerkant is dat mogelijk door te zorgen voor een goede gewasgroei, waardoor er meer N met het oogstproduct wordt afgevoerd.
e. Transparant voor en te snappen door gebruikers	2	Score van 1 tot 2. Voor de meeste posten is de berekeningsmethode transparant en begrijpbaar.
f. Set van streef-, drempel- en referentiewaarden	1	Consistente score. Referentiewaarden (benchmarks) zijn beschikbaar. Voor grondwater kunnen drempel- en streefwaarden worden afgeleid. Voor oppervlaktewater ligt dat complexer.
g. Internationale standaarden	1	Score van 1 tot 2. Het bodemoverschot is een internationaal veel gebruikte maatstaf, wel kunnen definities verschillen tussen landen.
h. Brede toepasbaarheid	2	Score van 1 tot 2. Goed toepasbaar in de melkveehouderij- en akkerbouwsectoren.
<i>Data</i>		
i. Databehoefte	1	Score van 0 tot 2. Dit hangt mede samen met grote verschillen tussen sectoren. Voor de melkveehouderij kan de Kringloopwijzer worden gebruikt. Voor de akkerbouw is er nog niet een dergelijk systeem en vraagt dataverzameling nog veel aandacht.
j. Borgbaarheid van data	1	Score van 0 tot 1. Data die bij RVO beschikbaar zijn (onder andere dierlijke mest aan/afvoer, gewasarealen) zijn goed te borgen. De afvoer met oogstproduct op akkerbouwbedrijven is op dit moment nog niet goed borgbaar. In de melkveehouderij worden in de Kringloopwijzer interne stromen berekend, mede op basis van data die de ondernemers zelf invoeren.

Figuur 4.1 Resultaat beoordeling KPI N-bodemoverschot. Gemiddelde score van de beoordelaars. Voor meer toelichting zie paragraaf 3.4 in het hoofdrapport.

Betekenis cijfers en kleuren: 2 (groen): voldoet goed aan het criterium; 1 (oranje): Voldoet matig aan het criterium, verbetering gewenst en 0 (rood) voldoet slecht aan het criterium, verbetering noodzakelijk.

5 Aanbevelingen voor verdere ontwikkeling

Op basis van de resultaten van het toetsingskader (hoofdstuk 4) en de opgedane ervaringen in de praktijkpilots zijn de volgende aanbevelingen naar voren gekomen:

Beschikbaarheid data/datasystemen en borgbaarheid data

- *Verbetering inputdata akkerbouw*
De ervaring in de uitgevoerde pilots leert dat in de akkerbouw de beschikbaarheid van data een aandachtspunt is. Veel data zitten in bedrijfsmanagementsystemen waarin de gegevens op perceelniveau zijn ingevoerd, maar de invoer is meestal niet compleet en lastig te borgen. Het verzamelen van de gegevens op bedrijfsniveau (via de aan- en verkoopbonnen) is een andere optie die mogelijk betere mogelijkheden biedt voor borging. Dit wordt inmiddels onderzocht.
- *Certificering bedrijfsvoering, inclusief borging interne N-stromen*
Dit betreft de borging van de gebruikte bedrijfsdata. Een deel van de data (onder andere gewasarealen en aan- en afvoer van organische mest) zijn beschikbaar via RVO, maar berekening van de KPI zijn ook data nodig die de boer zelf moet invullen en in de melkveehouderij worden interne N-stromen berekend.

Drempel- en streefwaarden

- *Verbetering/doorontwikkeling afleiding toelaatbaar N-bodemoverschot op basis van waterkwaliteitsdoelen*
Het vaststellen van streef- en drempelwaarden is een cruciaal onderdeel van de KPI-systematiek. Zoals aangegeven in deze rapportage zijn er mogelijkheden om toelaatbare N-bodemoverschotten af te leiden uit de gewenste grondwaterkwaliteit. Meer aandacht voor gewasspecifieke relaties is hierbij gewenst, en gegevens uit het LMM kunnen mogelijk hiervoor ingezet worden. Voor het oppervlaktewater is het belangrijk om een relatie te leggen met de N-belasting naar het oppervlaktewater, en deze kan afhankelijk van diverse perceelskenmerken via modellen worden onderbouwd.

Verfijningsopties huidige berekeningswijze

Betere inschatting balansposten

- *Verbetering inschatting N-afvoer in oogstproduct*
Bij oogstproducten op akkerbouwbedrijven wordt uitgegaan van gewasspecifieke forfaitaire N-gehalten, waarbij de variatie aanzienlijk is. Nagegaan zou kunnen worden of gebruik zou kunnen worden gemaakt door verwerkers gedane bepalingen aan het oogstproduct zoals het eiwitgehalte van tarwe en brouwergerst en het alfa-amino-N-gehalte bij suikerbieten. Een stap verder is dat het N-gehalte wordt gemeten van afgevoerde oogstproducten.
- *Verfijning waarde voor bodemmineralisatie*
Op dit moment wordt voor de veenmineralisatie een

vaste waarde gebruikt van 235 kg N per ha per jaar. Mogelijk kan dit bedrijfsspecifieker worden gemaakt door rekening te houden met de ontwateringsstatus. Ook op minerale gronden kan worden nagegaan of met behulp van een modelberekening een verandering in N-bodemvoorraad kan worden gekwantificeerd. Dit gebeurt bijvoorbeeld al in de KringloopWijzer.

- *NH₃-N-emissie*
De schatting van de NH₃-N-emissie kan worden verbeterd via meting van het NH₃-N-gehalte van de organische mest, meting van de pH van de mest bij chemisch of biologisch aanzuren. Ook verdere verfijning van emissiefactoren bij kunstmestsoorten mede in relatie tot de pH van de bodem kan een optie zijn.
- *Verbetering forfaitaire waarden voor N-binding voor vlinderbloemigen*
Voor de biologische N-binding door vlinderbloemigen worden nu vaste waarden gebruikt per gewas. Dit betreft vaak oudere waarden en ook is niet altijd duidelijk wat de bron is van de gebruikte waarden. Het is daarom zinvol deze waarden te updaten en na te gaan of de N-binding bedrijfsspecifieker kan worden ingeschat, bijvoorbeeld op basis van de gewasopbrengst en bij vlinderbloemige groenbemester aan het inzaaitijdstip.
- *Uitbreiding N-balans met aanvoer met uitgangsmateriaal en hulpmaterialen*
Bij uitgangsmateriaal zou vooral kunnen worden gekeken naar de aanvoer met pootgoed van aardappelen. Op bedrijven met veel aardappelen zou dit een zinvolle aanvulling kunnen zijn. Bij hulpmaterialen gaat het bijvoorbeeld om dekstro, dat in een aantal gevallen wordt gebruikt bij de teelt van bloembollen en winterpeen.

Verbetering systematiek

- *Meting mineraal N-residu*
Bij doelsturingsbeleid voort grondwater is er op dit moment veel aandacht voor meting van het mineraal N-residu in de herfst. Het is zinvol na te gaan of het meten van het minerale N-residu in de herfst als indicator voor de nitraatuitspoeling naast het berekende N-bodemoverschot een meerwaarde kan hebben of dat het mogelijk ook als alternatief voor het N-bodemoverschot kan worden gebruikt.
- *N-bodembalans op basis van totale of werkzame N*
Op dit moment wordt het N-bodemoverschot berekend op basis van totale N-aanvoer. Daarin zit ook organische N die voor een deel pas in latere jaren vrijkomt. Opties om het N-bodemoverschot meer toe te spitsen op het jaar van toepassing zijn het werken met een werkzaam N-bodemoverschot in plaats van een totaal N-bodemoverschot of het opnemen van een extra aan- of aanvoerpost bij verandering van de N-bodemvoorraad.

Literatuur

- Boumans, L.J.M., C.R. Meinardi en G.J. Krajenbrink, 1989. Nitraatgehalte en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden. Rijkinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM-rapport 728472013.
- Bruggen, C. van, A. Bannink, A. Bleeker, D.W. Bussink, H.J.C. van Dooren, C.M. Groenestein, J.F.M. Huijsmans, J. Kros, K. Oltmer, M.B.H. Ros, M.W. van Schijndel, L. Schulte-Uebbing, G.L. Velthof en T. van der Zee, 2024. Emissies naar lucht uit de landbouw berekend met NEMA voor 1990-2022.
- Van der Burgt, Geert-Jan, Carina Rietema & Michiel Bus, 2017. Planty Organic 5 jaar: evaluatie van bodemvruchtbaarheid, stikstofhuishouding en productie. Louis Bolk Instituut, publicatienummer 2017-037 LbP.
- Brussée, T.J., A. Negash & M.R. Oosterwoud, 2024. De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven. Actualisering van uitspoelfracties 1991-2020. RIVM-rapport 2024-0108.
- Coleman, K. en D.S. Jenkinson, 2014. RothC - A model for the turnover of carbon in soil - Model description and users guide (Windows version) (Updated June 2014). Rothamsted Research, Harpenden, UK.
- Dijk, W. van, J.A. de Boer, R.L.M. Schils, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema en J. Verloop, 2025. Rekenregels van de KringloopWijzer 2025; Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2024-versie. Wageningen Research, Rapport WPR-1480. 188 blz.
- Elgersma, A. en J. Hassink, 1997. Effects of white clover (*Trifolium repens* L.) on plant and soil nitrogen and soil organic matter in mixtures with perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plant and Soil* 197, 177-186.
- Gerritsen, S., A. Evers, M. de Haan, G. Hilhorst en K. Verloop, 2024. Integrale milieuanalyse Koeien & Kansen bedrijven 2020-2023. Wageningen Plant Research, Rapport WPR-1422.
- Haan, J.J. de, M. Wesselink, W. van Dijk, H.A.G. Verstegen, W.C.A. van Geel, W. van den Berg, 2017. Effect van organische stofbeheer op opbrengst, bodemkwaliteit en stikstofverliezen op een zuidelijke zandgrond. Resultaten van de gangbare bedrijfssystemen van het project Bodemkwaliteit op zand in de periode 2011-2016. Wageningen Research, Rapport WPR-754. 108 blz.
- Kuikman, P.J., J.J.H. van den Akker en F. de Vries, 2005. Emissie van N₂O en CO₂ uit organische landbouwbodems. Alterra, Wageningen, Alterra rapport 1035 – 2. 66 pag.
- Moria, L., G.H. Ros, D. van Rotterdam, M. Ouboter en S. Schep, 2023. Naar een onderbouwd handelingsperspectief voor landbouw en waterkwaliteit. H₂O vakbladartikel, 1-6.
- Noij, I.G.A.M. en H.F.M. ten Berge, 2019. Rapportage Project Nitraatwijzer Fase I. Wageningen Research, Rapport WPR-917, 137 blz.
- Ros, G.H., J. de Pater, E. Kusters, S. Crijns en F. Vaessen, 2018. Update nitraatuitspoelingsmodel Zuid-Limburg. Wageningen, Nutriënten Management Instituut. Rapport 1731.N.18.
- Ros, G.H., H. Kager, G. Boom, W. de Vries, 2025. Verkenning effecten landbouwinnovaties. Potentieel van landbouwinnovaties om emissies van ammoniak en broeikasgassen naar de lucht en verliezen van nutriënten naar het water te verlagen. Wageningen, Wageningen Universiteit, Rapport 2024.159, 78 blz.
- Ros, G.H., W. de Vries, R. Jongeneel en M. van Ittersum, 2023. Gebieds- en bedrijfsgesichte handelingsperspectieven voor een duurzame landbouw in Nederland. WUR-publicatie, 80 pp.
- Ruijter, F.J. de en J.F.M. Huijsmans, 2019. A methodology for estimating the ammonia emission from crop residues at a national scale. *Atmospheric Environment*: 2: 100028. <https://doi.org/10.1016/j.aeaoa.2019.100028>

Ruijter, F.J. de, W. van Dijk, W.C.A. van Geel, G. Holshof, R. Postma en P. Wilting, 2000. Actualisatie van stikstof- en fosfaatgehalten van akkerbouwgewassen met een groot areaal. Wageningen Research, Rapport WPR-957, 96 blz.

Schils, R.L.M., 2002. White clover utilization on dairy farms in the Netherlands. PhD Thesis. Wageningen University, Wageningen, 149 pp.

Schröder, J.J., H.F.M. Aarts, M.J.C. de Bode, W. van Dijk, J.C. van Middelkoop, M.H.A. de Haan, R.L.M. Schils, G.L. Velthof en W.J. Willems, 2004. Gebruiksnormen bij verschillende en milieukundige uitgangspunten. Plant Research International, rapport nr. 79.

Schröder, J.J., B. Rutgers, 2018. Kringloopwijzer – Akkerbouw. Rekenmodel versie 'april 2018'. Wageningen Research, Rapport WPR-797.

Websites

www.handboekbodemenbemesting.nl

www.bemestingsadvies.nl

[https://www.rivm.nl/gcn-gdn-](https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/depositiekaarten/downloaden)

[kaarten/depositiekaarten/downloaden](https://www.rivm.nl/gcn-gdn-kaarten/depositiekaarten/downloaden)

www.rvo.nl

www.agrimatie.nl/lmm/onderwerpen/overschotten/

Foto: Shutterstock

Contact & informatie

Wim van Dijk
E wim.vandijk@wur.nl
wur.nl/social-and-economic-research

Wageningen Social & Economic
Research
Postbus 88, 6700 AB Wageningen

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.900 medewerkers (7.100 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 12.700 studenten en 80.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.