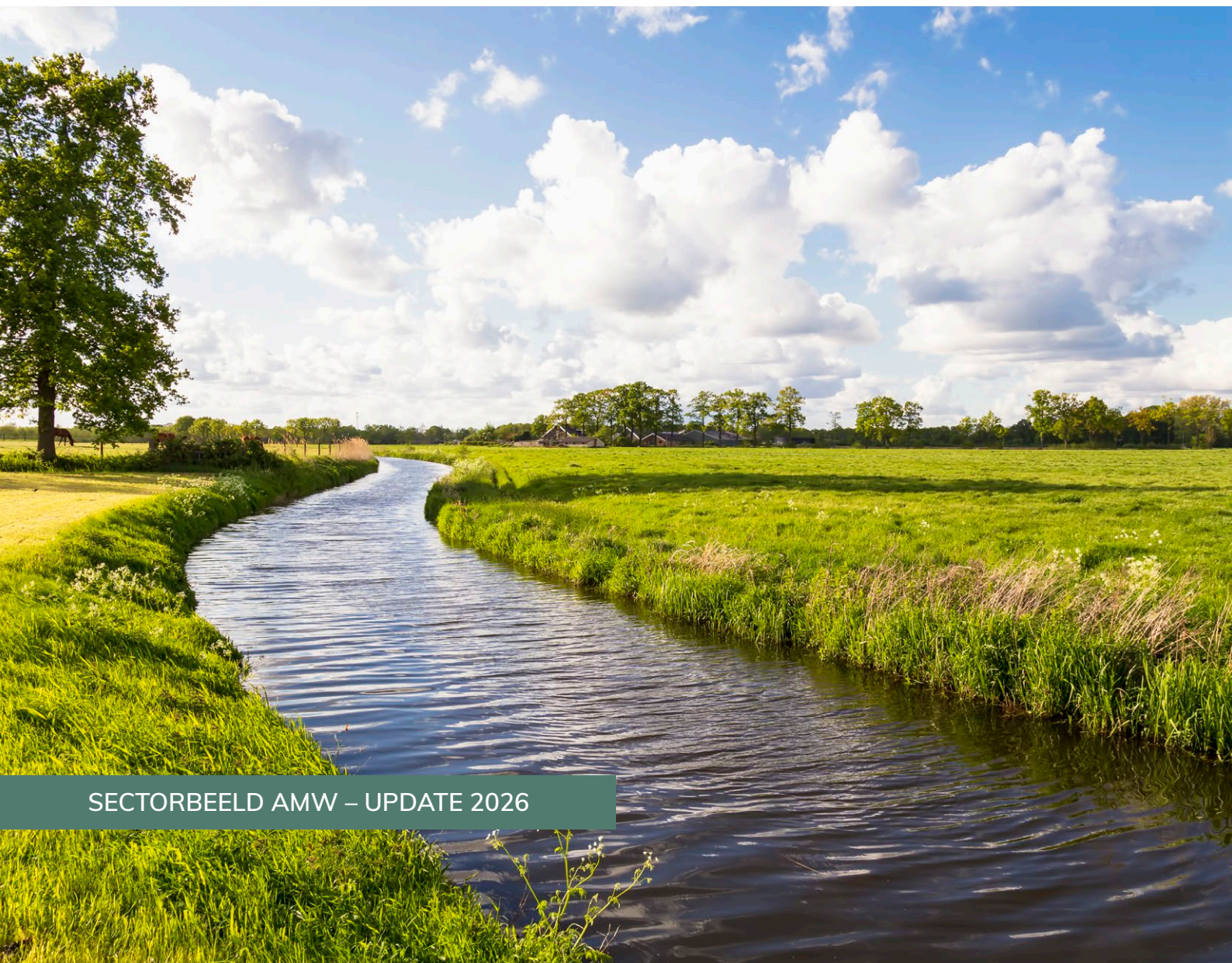


BEELD VAN DE NEDERLANDSE AARD- EN MILIEUWETENSCHAPPEN

Omgaan met een veranderende
omgeving en samenleving



INHOUD

WAT IS ER NIEUW	3
1 WAAROM DIT AMW SECTORBEELD?	7
2 AMBITIES VAN AMW	11
3 HOE GAAT AMW DIT DOEN?	23
4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES	35
BIJLAGEN	37
1. Raad voor de Aard- en Milieuwetenschappen (AMW-raad)	38
2. Overzicht stakeholders	39
3. Instroom AMW opleidingen	40
4. Academische AMW-staf aan Nederlandse universiteiten	46
5. Samenwerking met HBO	53

WAT IS ER NIEUW?

Panta rhei. Alles is in beweging (vrij volgens Heraclites). In het dagelijks leven is dat voor iedereen overduidelijk. Niet alleen de mens en haar gedrag veranderen, maar ook de omgeving waarin de mens leeft en de manier waarop mensen met elkaar, met de natuur en met hun omgeving omgaan. Veranderingen voltrekken zich op alle schalen, van lokaal, tot mondiaal, en vaak in hoog tempo. Het is urgent om inzicht te verwerven in deze veranderingen. Ook is het essentieel om de consequenties van de veranderingen te begrijpen en plannen te ontwikkelen voor mogelijke maatregelen. Niets doen is geen optie. Door digitalisering en communicatie zijn we weliswaar steeds meer verbonden en in staat om ontwikkelingen wereldwijd te volgen, maar hoe we ermee om moeten gaan vereist veel meer dan signaleren. We moeten de oorzaken van veranderingen begrijpen, we moeten ons aanpassen (adaptatie) en we willen, waar dat kan, de snelheid van veranderingen beïnvloeden (mitigatie). De veranderingen in de natuur en onze directe leefomgeving, het milieu, en van de aarde als geheel, inclusief het klimaat, vormen de kern van de aard- en milieuwetenschappen (AMW). Dit nieuwe Sectorbeeld AMW, geschreven door de AMW-raad (Bijlage 1) heeft dan ook als motto het “omgaan met een veranderende omgeving en samenleving”.

Het Sectorbeeld zelf verandert ook. In het eerste Sectorbeeld AMW uit 2021 stond het samengaan van de aardwetenschappen en de milieuwetenschappen centraal, alsmede de samenwerking van de hele AMW-sector op een tiental geïntegreerde onderzoeksthema's ten behoeve van de toentertijd meest actuele en urgent maatschappelijke opgaves. Met het eerste, op dat Sectorbeeld gebaseerde, Sectorplan is het fundament van de AMW versterkt, heeft de samenwerking tussen de AMW-universiteiten een impuls gekregen, en zijn tot nu toe al mooie resultaten behaald.

Een van de opvallende successen is bijvoorbeeld de sterke verbetering van het geïntegreerd modelleren van het klimaat, de klimaatverandering en de atmosferische samenstelling. Chemische en dynamische processen liggen aan de basis van het versterkte broeikaseffect en de stralingsbalans in de atmosfeer, maar ook van de luchtkwaliteit in onze leefomgeving. Antropogene en natuurlijke emissies van (schadelijke) gassen en stoffen, denk aan CO₂, methaan, stikstofverbindingen en aërosolen (microscopisch kleine deeltjes), kunnen beter waargenomen en gemodelleerd worden, en de impact op klimaat, milieu en gezondheid kan daarmee nauwkeuriger in kaart worden gebracht. Daarmee worden niet alleen de voorspellingen beter, maar kunnen ook de, soms ingrijpende, maatregelen die nodig zijn om klimaatverandering tegen te gaan en de effecten ervan op de mens en de omgeving te verzachten, beter onderbouwd en uitgevoerd worden. Met behulp van de versterking van het fundament uit het vorige Sectorplan

heeft de AMW-sector de afgelopen jaren op dit thema intensief samengewerkt en de resultaten daarvan zien we bijna dagelijks terug in het nieuws.

Een ander voorbeeld van de meerwaarde van de verdere integratie van de aard- en milieuwetenschappen onder het vorige Sectorplan betreft het samenspel tussen mobiliteit, bio-beschikbaarheid, bodemkundige processen en de daaraan gekoppelde risico's van samengestelde complexe vervuilingen, zoals PFAS of microplastics. Deze risico's kunnen inmiddels veel beter in kaart gebracht worden, waarmee ook een betere preventieve en oplossingsgerichte aanpak van het probleem mogelijk wordt.

Het onderhavige Sectorbeeld bouwt enerzijds voort op het vorige, maar sluit anderzijds aan bij de veranderende omstandigheden en toegenomen urgentie van de maatschappelijke opgaves. Dat zijn veranderingen in de maatschappelijke uitdagingen en anderzijds in de wetenschap zelf, bijvoorbeeld als gevolg van de beschikbaarheid van nieuwe technologieën en instrumentatie, zoals kunstmatige intelligentie en robotisering. Een andere technologische verandering die sinds het vorige Sectorplan nog sterker in opkomst is, is de omvangrijke en brede beschikbaarheid van aardobservaties vanuit de ruimte. De diversiteit aan hoge-kwaliteit data vanuit satellieten is haast uit geen enkele AMW-discipline meer weg te denken.

In het overheidsbeleid zijn sinds het vorige Sectorplan de accenten op de meest cruciale maatschappelijke kwesties ook veranderd. Dat is het gevolg van opkomende vraagstukken in de, nationale en internationale, samenleving, op het gebied van veiligheid, weerbaarheid, afhankelijkheid, klimaat en gezondheid. Veel AMW-onderzoek levert een belangrijke bijdrage aan de kennis op deze thema's, op basis waarvan essentiële en strategische (beleids)keuzes gemaakt worden. Het is dan ook logisch dat de huidige urgente vraagstukken in het beleid en de samenleving gereflecteerd worden in de maatschappelijke uitdagingen die de aanleiding vormen voor dit nieuwe Sectorbeeld. Hoofdstuk 1 laat zien welke maatschappelijke uitdagingen voor de AMW het meest relevant zijn om aan bij te dragen.

De onderzoeksthema's van de AMW veranderen met de veranderende maatschappelijke uitdagingen mee. Hoewel de tien onderzoeksthema's uit het eerste Sectorbeeld niet aan relevantie hebben ingeboet, zijn de accenten hier en daar verlegd. Thema's als klimaatverandering, water en voedsel blijven uiterst relevant, waarbij nu ook explicieter aandacht wordt gegeven aan bijvoorbeeld weerbaarheid, energietransitie en biodiversiteit. Een voorbeeld van een onderwerp dat van steeds groter belang wordt is de toename in het optreden van klimaatextremen, denk aan de voor Nederland uiterst relevante problematiek rondom overstromingen als gevolg van grotere neerslaghoeveelheden in kortere tijd of de droogte tijdens het groeiseizoen. Hoofdstuk 2 presenteert, uitgaande van de huidige maatschappelijke uitdagingen, de aan de actualiteit herijkte onderzoeksthema's waarmee AMW wil bijdragen aan het beleid en waarbij de AMW-onderzoeksgroepen hun expertise in synergie met elkaar inzetten.

Nog sterker dan in het eerste Sectorplan wordt de samenwerking hier ingestoken vanuit de behoefte aan nog betere profilering, focus en specialisatie en het bereiken van meer maatschappelijke impact. Die behoefte wordt ondersteund vanuit het beleid en de samenleving, zoals weerspiegeld door bijvoorbeeld het Coalitieakkoord 2026 (zie hoofdstuk 1). Op de vernieuwde onderzoeksthema's in dit Sectorbeeld (zie hoofdstuk 2) wordt de samenwerking met andere onderzoeksinstituten en HBO's dan ook nadrukkelijk uitgebreid, niet alleen voor een betere samenwerking ten behoeve van fundamenteel en praktijkgericht onderzoek, maar ook ten aanzien van een versterking van het onderwijs en de aansluiting op de maatschappelijke behoefte. Hoofdstuk 3 geeft aan op welke manier de AMW-sector de versterking en samenwerking vorm wil geven om gezamenlijk aan de maatschappelijke uitdagingen bij te dragen.

Kortom, deze update van het Sectorbeeld AMW bouwt voort op het vorige Sectorbeeld en introduceert enkele belangrijke vernieuwingen. Recente maatschappelijke, (geo)politieke en economische ontwikkelingen, zowel nationaal als internationaal, hebben nieuwe uitdagingen aan het licht gebracht en bestaande uitdagingen urgenter gemaakt. Deze **aangescherpte maatschappelijke uitdagingen** vormen het uitgangspunt van het nieuwe Sectorbeeld. Tegelijkertijd geven ze richting aan **verschuivingen in de AMW-onderzoeksthema's** ten opzichte van die uit het vorige Sectorbeeld. De AMW-sector kan daarmee gericht bijdragen aan oplossingen via onderzoek en onderwijs. **Verdergaande samenwerking** speelt hierbij een centrale rol: naast versterkte (inter)disciplinaire samenwerking tussen AMW-universiteiten wordt de samenwerking uitgebreid naar de hele kennisketen, met andere sectoren en, in het bijzonder, met andere kennisinstellingen en hogescholen.



1 WAAROM DIT AMW SECTORBEELD?

De veranderende wereld

De snel veranderende wereld leidt tot nieuwe, grote(re) en acute(re) uitdagingen, zowel maatschappelijk en geopolitiek als economisch. De mensheid loopt inmiddels tegen 7 van de 9 planetaire grenzen aan. We hebben te maken met grote bedreigingen zoals de *Triple Planetary Crisis*- (klimaatverandering, biodiversiteitsverlies en vervuiling). Ook de aandacht in beleid verschuift naar acute geopolitieke dreigingen, zoals handelsconflicten, geopolitieke spanningen en strategische afhankelijkheden. Deze geopolitieke risico's domineren het kortetermijndenken en er wordt een steeds groter beroep gedaan op onze individuele en gezamenlijke weerbaarheid en strategische autonomie (bijvoorbeeld rondom water, voedsel, grondstoffen). Ook komt er steeds meer aandacht voor de koppeling tussen gevolgen van klimaatverandering en geopolitieke analyse.

Het aanpakken van de huidige maatschappelijke uitdagingen, en het oplossen ervan, vraagt niet alleen om politieke en maatschappelijke moed, eensgezindheid en doortastend leiderschap, maar ook om een brede, objectieve en robuuste disciplinaire en interdisciplinaire kennisbasis en policy-science dialoog. Die dient als noodzakelijk fundament om verantwoorde, betrouwbare en doeltreffende keuzes te maken. We moeten passende en bruikbare antwoorden geven op de **continu veranderende vragen** die op ons afkomen of die we onszelf moeten stellen. Die kennisbasis wordt voor een belangrijk deel ingevuld door fundamenteel en praktijkgericht onderzoek en onderwijs, op alle niveaus. Het uitbreiden, verder versterken, garanderen, duurzaam behouden en valoriseren/benutten van die kennisbasis ook voor beleid, in dit geval voor het gebied van de aard- en milieuwetenschappen (AMW), is het onderwerp van dit vernieuwde Sectorbeeld.

Urgentie

Het zal inmiddels niemand ontgaan zijn dat de samenleving onder steeds grotere druk komt te staan door de veranderingen in de wereld. Vanuit alle kanten wordt door actoren in de samenleving (overheid, bedrijfsleven, maatschappelijke organisaties en burgers) aangegeven dat er belangrijke uitdagingen liggen die aangepakt moeten worden voor het behoud van een duurzame toekomst.

Dat kan en doet Nederland natuurlijk niet alleen. Veel van de urgente maatschappelijke uitdagingen spelen zich op een Europese en mondiale schaal af en zullen dan ook in een **internationaal kader** aangepakt moeten worden. Klimaatverandering met alle daarbij behorende internationale afspraken is daarvan een overduidelijk voorbeeld (Parijs akkoord), maar Europees

en ander internationaal beleid richt zich ook op onderwerpen als water (bv. de Kaderrichtlijn Water) of biodiversiteit (bv. Global Biodiversity Framework). Ook internationaal wordt hiermee de urgentie van de problematiek onderstreept. Over veel van de maatschappelijke uitdagingen waar we nu voor staan zijn internationale afspraken gemaakt in het kader van de Sustainable Development Goals. Het behalen van deze doelstellingen en het monitoren van de voortgang daarbij vormen een belangrijk kader voor dit Sectorbeeld. Ook vereisen de uitdagingen een integrale benadering.

Deze internationale beleidskaders zien we terug in het nationale beleid, naast vraagstukken die meer specifiek in Nederland spelen. In het Coalitieakkoord 2026-2030 “Aan de slag – Bouwen aan een beter Nederland” geeft de nieuwe regering nadrukkelijk aan waar volgens hen voor Nederland de grote keuzes liggen:

- Bouwen en wonen;
- Landbouw, natuur en stikstof;
- Klimaat en groene groei, waaronder energietransitie;
- Sterke economie.

Vanuit het perspectief van de Adviesraad voor wetenschap, technologie en innovatie (AWTI) werd eerder, in het rapport “Weerbaar en toekomstbestendig – De kracht van stabiele groot-schalige investeringen in onderzoek en innovatie” (december 2025), aangegeven dat Nederland met name op de domeinen zorg, klimaat, mobiliteit, kansengelijkheid, wonen en infrastructuur, tegen grenzen aanloopt, met als belangrijkste thema's:

- Natuur als drijfveer voor ecologische weerbaarheid en klimaatbestendigheid;
- Digitale weerbaarheid;
- Energiezekerheid en energietransitie;
- Sociale cohesie en maatschappelijke weerbaarheid;
- Een leefbaar landelijk gebied.

Hoewel meer ingestoken vanuit een economisch en groeiperspectief, zien we ook in het rapport Wennink (december 2025) gelijksoortige strategische domeinen genoemd worden, te weten: digitalisering en AI; veiligheid en weerbaarheid; energie- en klimaattechnologie; en life sciences en biotechnologie.

Hoewel het perspectief van waaruit deze opgaven gegeven werden steeds net iets anders is, tekenen zij samen een duidelijk beeld: de samenleving heeft voor een aantal essentiële opgaven grote behoefte aan keuzes, investeringen en een gezamenlijke aanpak. En die aanpak kan niet zonder kennis en innovatie. Dat is nú urgent en tegelijkertijd noodzakelijk voor later.

Vanuit het perspectief van de AMW valt op dat veel van de genoemde uitdagingen nauw verweven zijn met het domein van de aard- en milieuwetenschappelijke disciplines. Daarom kunnen, in lijn met bovenstaande opgaven, vanuit het AMW-perspectief de volgende **overkoe-pelende maatschappelijke uitdagingen** worden aangegeven:

1. Klimaatverandering
2. Grondstoffen en energie
3. Water en voedsel
4. Gezonde leefomgeving
5. Weerbaarheid.

Onder deze overkoepelende uitdagingen vallen vele specifieke vraagstukken die de samenleving nu al jaren bezighouden, zoals:

- emissiereducties;
- stikstofproblematiek;
- grondstoffenschaarste;
- weerbaarheid ten aanzien van klimaatextremen, voedselproblematiek, geopolitiek;
- duurzame en circulaire economie;
- waterkwaliteits- en waterbeheerproblematiek;
- afname van biodiversiteit.

Gezien de toenemende maatschappelijke uitdagingen en de cruciale rol van AMW-onderzoek en -onderwijs hierbij is het van belang om de strategische positionering van AMW te versterken en samenwerking tussen universiteiten en HBO's, onderzoeksinstituten en andere mogelijke relevante belanghebbenden te bevorderen.

Cross-sectorale en interdisciplinaire samenwerking met andere sectoren en disciplines, zoals de maatschappij- en technische wetenschappen, de biologie, levenswetenschappen, natuurkunde en scheikunde kunnen daarbovenop leiden tot versterking van het gezamenlijke maatschappelijke oplossingsvermogen ten behoeve van de uitdagingen waar de samenleving voor staat, zowel op nationale als mondiale schaal. De keuzes die we nu maken hebben consequenties voor de huidige en toekomstige generaties.



2

AMBITIES VAN AMW

AMW: fundament voor een toekomstbestendige samenleving

De meeste onderzoeksthema's uit het rijkgeschakeerde palet aan natuurwetenschappelijke AMW-disciplines spelen een cruciale rol bij het adresseren van de toenemende maatschappelijke uitdagingen die in het vorige hoofdstuk zijn beschreven. Bij die uitdagingen staat, naast de mens zelf, de omgeving waarin de mens leeft centraal, op alle schalen, van de directe leefomgeving tot de gehele planeet. Kennis over die omgeving en over hoe de mens zich daartoe verhoudt, vormt de kern van de AMW-sector. Gericht **onderzoek** vanuit de AMW, zowel fundamenteel als praktijkgericht, is daarom onmisbaar bij het aanpakken van die uitdagingen. Het duurzaam borgen van de AMW-onderzoekscapaciteit in Nederland en de benutting daarvan door en voor de samenleving, vraagt bovendien om sterk en hoge-kwaliteit AMW-**onderwijs**. Zo wordt gewaarborgd dat opgebouwde kennis en kunde daadwerkelijk hun weg vinden naar de samenleving.

Integraal en interdisciplinair werken

De AMW-sector in Nederland is van hoge kwaliteit, ook internationaal gezien. Met het eerste Sectorplan is het fundament van de AMW versterkt, door een stevigere basis, een impuls in de samenwerking tussen de AMW-universiteiten, en vooral door een betere profilering en aansluiting op maatschappelijke opgaven. De sterkere **samenwerking**, zowel tussen universiteiten onderling als tussen de verschillende AMW-(deel-)disciplines, was niet alleen noodzakelijk voor een sterkere sector op zich, maar diende met name de integraliteit, trans- en interdisciplinariteit, actualiteit en complexiteit van de verschillende maatschappelijke uitdagingen. Niet ieder voor zich maar alleen met elkaar kunnen deze vraagstukken aangepakt worden. Het is voor een interdisciplinaire sector als de AMW volkomen duidelijk dat integraal en synergetisch onderzoek en onderwijs nodig is voor de uitdagingen waar Nederland nu en in de toekomst voor staat.

Net zoals aangegeven in het vorige Sectorplan blijft het nodig dat meerdere AMW-disciplines op een **geïntegreerde** manier bijdragen aan het benodigde onderzoek en onderwijs. Vanuit het perspectief van het aanpakken van de eerdergenoemde maatschappelijke uitdagingen, en de daarvoor benodigde kennis, volgen hieronder een aantal AMW-onderzoeksthema's die specifiek gericht zijn op die uitdagingen. De universiteiten gaan vanuit de sterktes uit hun eigen portfolio op deze onderzoeksthema's samenwerken, wat de profilering van de sector ten goede komt en waarmee de sector zich sterker kan richten op de belangrijkste speerpunten. In een bottom-up proces heeft de sector de afgelopen jaren ook een inventarisatie gemaakt van de krachten en mogelijkheden van het onderzoek in de AMW-sector in de vorm van een *White paper Earth and Environmental Sciences, 2024*, waarin de sterktes en ambities van het werkveld duidelijk naar voren komen.

De hieronder genoemde onderzoeksthema's dienen tegelijkertijd ook als verbindende thema's waarop de samenwerking met andere instellingen in de kennisketen, zoals de HBO's en andere niet universitaire onderzoeksinstituten, vorm zal gaan krijgen. Door deze verbreding en versterking van samenwerking langs de hele kennisketen kan het gebruik van kennis binnen die keten versneld worden, wordt fundamentele en praktijkgerichte kennis dicht bij elkaar gebracht, en wordt de maatschappelijke valorisatie van die kennis bevorderd ten behoeve van betere besluitvorming.

De AMW-onderzoeksthema's

De onderzoeksthema's waarop AMW op een geïntegreerde en interdisciplinaire manier gaat bijdragen om de maatschappelijke uitdagingen te adresseren kunnen in een versimpelde vorm worden samengevat zoals in Figuur 1.

De vijf hoofdthema's en de daaronder vallende sub-thema's bundelen de AMW-kennis op een manier die specifiek gericht is op de onderwerpen van de eerdergenoemde maatschappelijke uitdagingen. Omdat die uitdagingen over het algemeen niet op zichzelf staan en veelal ook nog eens op een complexe manier met elkaar interfereren, geldt dit natuurlijk ook voor de hier genoemde onderzoeksthema's. Veel van de problematiek die bestudeerd wordt komt voort uit klimaatverandering, wat dan ook een centrale rol speelt. De thema's zijn niet onafhankelijk van elkaar maar vertonen synergie in doel en onderzoek. Het gezamenlijke systeem van aarde en milieu is nou eenmaal een geïntegreerd systeem. Met deze overlap in gedachte kunnen we desondanks aan de hand van deze thema-indeling de verschillende onderzoeksvraagstukken op



Figuur 1: De thema's van het AMW-veld.

een overzichtelijke manier weergeven. De hier genoemde onderzoeksthema's spelen niet alleen in/voor Nederland, maar zijn in het algemeen onderdeel van grote wereldwijde vraagstukken. Internationaal wetenschappelijk onderzoek draagt hieraan bij en de Nederlandse AMW-sector is daar zeer goed op aangesloten.

Hieronder zullen de AMW-onderzoeksthema's nader worden omschreven.

KLIMAATVERANDERING

Klimaatverandering is een doorsnijdend thema in bijna alle maatschappelijke uitdagingen. Het komt direct of indirect ook bij alle andere onderzoeksthema's terug vanwege de grote invloed van klimaatverandering op deze andere thema's. Naast de specifieke aspecten van klimaatverandering bij de verschillende onderzoeksthema's, zijn er generieke aspecten die klimaatverandering als apart thema rechtvaardigen. Hoewel klimaatverandering met de mens als belangrijkste oorzaak onomstotelijk is vastgesteld, zijn er binnen het klimaatonderzoek nog vele onzekerheden en onnauwkeurigheden die voor een beter begrip van oorzaken en gevolgen van klimaatverandering opgelost moeten worden waardoor voorspellingen beter kunnen worden en de impact van klimaatverandering op mens, aarde en milieu beter in kaart gebracht kan worden. Om dit zo goed mogelijk te kunnen doen moeten we ook kijken naar de klimaatveranderingen uit het verleden en wat we daarvan kunnen leren.

Atmosfeer De belangrijkste oorzaak van klimaatverandering is de toegenomen kooldioxideconcentratie in de atmosfeer en de daarmee samenhangende veranderingen in de koolstofcyclus, maar ook veranderingen in methaan en stikstofdioxide zijn belangrijk. Hierbij speelt ons begrip van hoe dit in het verre verleden geweest is, ook een belangrijke rol. Tegelijkertijd spelen wolken en aërosolen ook een grote rol bij de energiehuishouding in de atmosfeer. Specifiek in termen



Antarctica © Kadir van Lohuizen

van de koolstofcyclus speelt daarbij ook de bodem (zowel onder land als onder zee) een rol (opslag van CO₂). Onderzoek op het gebied van extremen zoals hittegolven, extreme neerslag en bosbranden, die een grote impact hebben op de samenleving, verdient meer aandacht ten behoeve van beleid.

Oceaan Niet alleen de atmosfeer, maar ook de oceanen spelen een belangrijke rol bij de opslag en uitstraling van warmte (energie) in het klimaatstelsel, net zoals de ijskappen. Grootschalige oceaanstromingen transporteren grote hoeveelheden energie de wereld rond en beïnvloeden op vele plaatsen het lokale/regionale klimaat. Mogelijke kantelpunten in de grootschalige circulatie in de Atlantische Oceaan kunnen enorme gevolgen hebben voor het klimaat in Nederland. Opname van kooldioxide in de oceaan speelt een cruciale rol voor de ecosystemen in de oceaan en daarmee voor de hele voedselketen.

Ijs Reflectie van sneeuw, zee-ijs en ijskappen, maar ook de afsmelt ervan hebben rechtstreekse impact op de energiebalans in het systeem aarde; en door het smelten van landijs ook op zeespiegelstijging. Kantelpunten in het dynamische gedrag van de Antarctische ijskap kunnen verstrekende lange-termijn consequenties hebben voor de bestaanszekerheid en veiligheid van Nederland. Het smelten van gletsjers in Azië verandert de beschikbaarheid van smeltwater in grote stroomgebieden, waardoor irrigatie onzekerder wordt en voedselproductie in belangrijke landbouwgebieden kan afnemen. Kennis hierover is van belang voor adaptatie strategieën.

Onderzoek van de atmosfeer, de oceanen en ijs is bij uitstek een AMW-onderwerp en vanuit de sector wordt veel gedaan aan modellering, observaties en voorspelling van de samenstelling, dynamiek en toestand ervan ten behoeve van klimaat en gezondheid.

GRONDSTOFFEN EN ENERGIE

Energietransitie De energietransitie is momenteel één van de meest actuele, urgente en grootste opgaves voor onze samenleving en staat niet voor niets hoog op de politieke en maatschappelijke agenda's. De afbouw van het gebruik van fossiele energiebronnen, het omgaan met afval van energieproductie en energieverbruik, de overstap naar gebruik van meer duurzame energiebronnen zoals wind, zon, waterstof, geothermie, en de impact daarvan op natuur en leefomgeving, betekenen majeure veranderingen in de samenleving en de leefomgeving. Naast een sterk beroep dat deze opgave doet op technische en sociale sectoren, spelen veel uitdagingen in dit domein zich af op het gebied van de AMW. Voorbeelden zijn: exploratie, wind- en zonne-energie, energienetwerken, klimaatverandering, vervuiling en emissies, mogelijke strategieën voor terugwinning van metalen die relevant zijn in de energietransitie zoals koper, kobalt, nikkel (zie ook grondstoffenschaarste hierna). Op dit thema vindt veel onderzoek plaats bij AMW-universiteiten, ook in relatie tot onderzoek uit andere bèta- en sociale sectoren.

Grondstoffenschaarste Niet alleen voor de energietransitie maar ook ten behoeve van de bredere duurzaamheidsopgave dienen we beter om te gaan met natuurlijke grondstoffen en schaarse kritische materialen, en moeten we meer circulair gaan produceren en consumeren (bijvoorbeeld bouw, kleding, voedsel). Een belangrijk aspect van materialen is dat de voorraden ervan in feite de diensten in de maatschappij mogelijk maken die nodig zijn voor bijvoorbeeld wegen, windmolens, gebouwen, etc. Het bestaan en het beheer van deze voorraden zijn voor de samenleving dus van onmiskenbaar belang. Zie bijvoorbeeld de Integrale Circulaire Economie Rapportage van het PBL. Grondstof-winning en -recycling spelen een grote rol in bijvoorbeeld de productieketens, die mede door geopolitieke ontwikkelingen onder druk staan. Veel (het grootste deel) van de producten, en dus grondstoffen, komt van buiten de EU, de EU en Nederland binnen. Voor energiesystemen van de toekomst, inclusief zaken als batterijen, magneten etc., gaat het dus over integrale en kritisch (waarde)ketens en systemen. Grondstofgebruik



Grondstoffenschaarste
© iStock

heeft een sterke impact op milieu en leefomgeving, en daarmee op menselijk handelen. Bio-based grondstoffen zouden belangrijk kunnen bijdragen aan de oplossing maar meer onderzoek is nodig, niet alleen voor de ontwikkeling ervan, maar ook voor hun veiligheid, duurzaamheid en het kritisch kunnen beoordelen van hun systeemeffecten. Verkenning van de economische haalbaarheid van natuurlijk waterstof en onconventionele winning van zeldzame mineralen kunnen hier ook toe gerekend worden. De steeds nijpender wordende afhankelijkheid van grondstoffen en kritische materialen hangt ook samen met een verantwoordelijk gebruik van de ondergrond, wat als een kritische kwetsbaarheid in onze samenleving kan worden gezien. Exploratie en modellering op basis van geologische en geofysische kennis is van essentieel belang hierbij. AMW-onderzoek draagt hier in belangrijke mate aan bij, waarbij er een sterke relatie met onderzoek uit andere bèta- en sociale sectoren is.

Klimaatmitigatie Klimaatverandering vraagt om grootschalig en mondiaal ingrijpen (mitigatie) ten behoeve van het behoud van een gezonde planeet voor toekomstige generaties. Hoewel de energietransitie een belangrijke kern is van klimaatmitigatie, is dat op zichzelf niet voldoende. Effectieve mitigatie vraagt om een brede systeemaanpak die zaken als energie, industrie, landbouw, emissiereductie, landgebruik, gedragsverandering en consumptie omvat. Die andere onderwerpen blijven ook na de energietransitie relevant en urgent, ook in relatie tot maatschappelijke uitdagingen zoals groene groei, wonen, maatschappelijke weerbaarheid, natuur en veiligheid. Klimaatmitigatie verbindt, en doorsnijdt tegelijkertijd, meerdere onderzoeksthema's binnen de AMW. Het is een bij uitstek cross-sectoraal onderwerp, waarin de bijdragen van meerdere bèta, technische en sociale sectoren gecombineerd dienen te worden. Een voorbeeld is de relatie met de sociale wetenschappen ten aanzien van klimaatrechtvaardigheid en de initiatieven van de nationale Klimaatraad.

WATER EN VOEDSEL

Waterhuishouding en waterkwaliteit De waterhuishouding en de waterkwaliteit spelen in Nederland niet alleen een belangrijke rol voor de landbouw en de voedselvoorziening op land en in zee, maar ook voor wonen, weerbaarheid en duurzaamheid. In de mondiale context, door toenemende geopolitieke spanningen en instabiliteit, wordt droogte en waterschaarste in het algemeen nadrukkelijker een veiligheids- en strategisch vraagstuk dat steeds sterker wordt gekoppeld aan nationale veiligheid en bedreigingen van vitale infrastructuur. De verstooring van de mondiale watercyclus zoals ook beschreven in het rapport van de Global Commission on the Economics of Water (2024), als gevolg van klimaatverandering, betekent dat er meer extreme



Waterhuishouding en waterkwaliteit © iStock

situaties op verschillende plekken in die kringloop ontstaan: overstromingen, droogtes en extreme weersverschijnselen. Dit heeft een mogelijke impact op bodemdaling, broeikasgasemissies uit verdroogde bodems, drinkwatervoorziening, waterkwaliteit, voedselzekerheid en veiligheid van de leefomgeving, met name in stedelijke delta's. Dat is wereldwijd een grote maatschappelijke uitdaging met gevolgen voor Nederland door onze handel in agri-producten. Ook de directe impact van de mens op de watercyclus, door het bouwen van dammen, veranderend landgebruik en overmatig grondwater- en oppervlaktewatergebruik, is aanzienlijk, in het bijzonder tijdens perioden van waterschaarste. Ook de impact van de mens op de waterkwaliteit door de uitstoot van vervuilende stoffen is van belang, zie bijvoorbeeld het rapport *Europe's state of water 2024* van de European Environment Agency (EEA). Het voldoen aan de doelen uit de Kaderrichtlijn Water (KRW) ten aanzien van de waterkwaliteit is een steeds grotere uitdaging. Gecombineerd met klimaatverandering (droogte en overstromingen, opwarming van het zee- en binnenwater) zet die watervervuiling de beschikbaarheid en kwaliteit van waterbronnen sterk onder druk en ze vergen steeds meer kostbare zuiveringsinspanningen. De fundamentele en interdisciplinaire AMW-kennis over de cyclus van vervuilende stoffen en hun afbraakproducten, alsmede de interacties tussen zoet- zout- en grondwater, land, bodem, vegetatie, oceaan, kust, atmosfeer en menselijk handelen moet hiervoor verder ontwikkeld worden, in relatie tot de vraag naar voldoende en schoon water.

Landbouw en voedselzekerheid De voedselvoorziening in Nederland, Europa en de wereld is met elkaar verbonden door handel in agri-producten. Niet alleen door klimaatverandering maar ook door bevolkingsgroei, groeiende welvaart en toenemende geopolitieke spanningen neemt de vraag naar water toe en staat de voedselzekerheid in grote delen van de wereld onder druk. De vraag hoe we ons voedsel duurzaam kunnen produceren is actueler dan ooit, en is van belang voor de stabiliteit in diverse wereldregio's met uitstraling daarbuiten. Tegelijkertijd zijn ook veranderingen aan de voedsel-vraagkant mogelijk als oplossingsrichting. Dit geldt ook voor Nederland, waar we rekening moeten houden met toekomstige veranderingen in het klimaat (bv. droge zomers), en toekomstige veranderingen in productie van, en vraag naar voedsel. De landbouwsector staat ook door andere ontwikkelingen, zoals de stikstofcrisis, en teruglopende bodemkwaliteit onder toenemende druk. Belangrijke thema's voor toekomstig onderzoek zijn dan ook gerelateerd aan de vraag hoe de bevolking van Nederland, Europa en de wereld te voeden, zonder ecosystemen zowel op land als in zee, te schaden. Dit vereist een interdisciplinaire aanpak, waarin gezocht wordt naar efficiënte, duurzame oplossingen voor de toekomst, rekening houdend met lokale en internationale maatschappelijke kennis en ontwikkelingen, alsmede verwachtingen rondom klimaatverandering. Nederlands AMW-onderzoek kan hierin leidend zijn.



Landbouw en voedselzekerheid © Max Augustijn

WEERBAARHEID

Rampen en bedreigingen Veiligheid is één van de grootste uitdagingen op dit moment. Dan gaat het niet alleen om nationale veiligheidsvraagstukken onder de huidige geopolitieke verhoudingen, maar ook om de veiligheid en weerbaarheid van mens en omgeving die onder druk staat door bijvoorbeeld klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkelingen. Rampen en bedreigingen zijn extreme en acute vormen van veiligheidsvraagstukken die moeilijk te voorspellen zijn maar grote impact kunnen hebben. Er zijn vele soorten rampen en bedreigingen, op verschillende tijd- en ruimtelijke schalen. Voorbeelden zijn: zeespiegelstijging, aardbevingen, bodemdaling, overstromingen, droogte, hittegolven, bos- en natuurbranden, vervuiling, pandemieën, zoönoses, stormen, vulkaanuitbarstingen, aardverschuivingen, erosie, ruimteweer, etc. Zulke gebeurtenissen kunnen een natuurlijke oorsprong hebben, maar worden vaak geïnduceerd of versterkt door menselijk handelen, zoals de aardbevingen in Groningen. Daarom moeten we het gecombineerde systeem van aarde en mens beter begrijpen ten aanzien van de frequentie, omvang en impact op mens, leefomgeving en economie van dit soort gebeurtenissen, zodat we ze beter kunnen voorspellen en tijdig voorzorgsmaatregelen kunnen nemen. Het modelleren en monitoren van aarde- en milieusystemen en de interacties daartussen, is essentieel om zulke gebeurtenissen te kunnen begrijpen, te verklaren, op tijd te zien aankomen en ons erop voor te bereiden om onze weerbaarheid te vergroten. AMW is bij uitstek de sector die tot de kern van deze vraagstukken kan doordringen en de samenleving kan helpen bij het verhogen van de weerbaarheid.

Klimaatadaptatie Klimaatverandering heeft ingrijpende gevolgen voor mens, natuur en leefomgeving. Die impact op het hele aarde-milieu-systeem is zichtbaar, meetbaar en onmiskenbaar. De mens zal zich noodzakelijkerwijs aan die veranderingen aan moeten passen. Die aanpassingen betreffen vele aspecten van de leefomgeving en van de relatie van de mens daartoe. Niet alleen om de adaptatieplannen te maken, maar ook om ze door te rekenen en de gewenste en gerealiseerde effecten vast te stellen; voor bijvoorbeeld grootschalige opslag van CO₂ in de ondergrond of actief verwijderen uit de atmosfeer is een stevige verankering in AMW-kennis en -kunde van groot belang, omdat zulke meestal kostbare maatregelen effectief en beheersbaar moeten zijn. Waar mogelijk moet ook gekeken worden naar *Nature-based solutions* voor klimaatadaptatie, waarbij natuur en natuurlijke processen worden ingezet om de gevolgen van



Bedreigingen
© iStock

klimaatverandering te verminderen en de samenleving beter bestand te maken tegen de impact ervan, NL2120 is daarvan een voorbeeld. Omdat niet alles tegelijk kan, is het voor duurzame adaptatie noodzakelijk om maatregelen goed vooruit te kunnen plannen. Systeemveranderingen zijn nu eenmaal complex en de impact is divers en kent vaak meerdere facetten. Om prioriteiten te bepalen is het belangrijk om *early warning* signalen te ontwikkelen, en te begrijpen, zowel op de schaal van meer lokale leefomgeving als de mondiale schaal in het licht van de planetaire grenzen waar de mensheid tegenaan loopt. Bij al deze vraagstukken en het uitvoeren van de adaptatie-maatregelen is AMW-kennis van groot belang, en is er een sterke relatie met andere sectoren, zoals de sociale wetenschappen.

Ruimtegebruik In een land als Nederland worden het land, de (onder)grond, zee en lucht op een intensieve en sterk samenhangende manier gebruikt door de samenleving. Het gebruik van de ruimte om ons heen heeft sterke relaties met maatschappelijke uitdagingen op het gebied van wonen, landbouw, energie, klimaatbestendigheid, sociale cohesie, stikstof, economie en weerbaarheid. Dat ruimtegebruik, zowel in het stedelijke, landelijke als mariene gebied, waarin we leven, voedsel produceren en verzamelen, en recreëren, vraagt om verantwoord en duurzaam beleid en beheer om het land leefbaar te houden. Daarbij treden vaak conflicterende claims op de ruimte op, die maatschappelijke en ecologische afwegingen noodzakelijk maken,



Deltawerken © iStock

Ruimtegebruik
@ Juliane Fry



en daarmee grenzen leggen op wat optimaal mogelijk is. Veerkrachtige landschappen hebben we nodig om externe druk, met name door bijvoorbeeld klimaatverandering, op te kunnen vangen. In stedelijk gebied staat de kwaliteit van de leefomgeving ook onder druk op gebieden als lucht-, water- en bodemkwaliteit, hittestress, groenvoorzieningen, bereikbaarheid en recreatie. Essentieel daarbij is een fundamenteel begrip van de invloed van externe ontwikkelingen als klimaatverandering op het ruimtegebruik, op zowel korte als lange ruimtelijke en temporele schalen. Met andere woorden: hoe kunnen we ruimtegebruik zo optimaliseren dat we de effecten van klimaatverandering beter kunnen opvangen? Andere vraagstukken die spelen zijn bijvoorbeeld: inrichting van de (ondiepe) ondergrond, het ruimtebeslag van hernieuwbare zonne- en windenergie, wat te doen met (kern)afval, het klimaatbestendig maken van steden, etc. De AMW-sector draagt in grote mate bij aan de kennis en kunde op dit thema, vaak in samenwerking met andere sectoren zoals de technische en sociale wetenschappen.

GEZONDE LEEFOMGEVING

De leefomgeving speelt een grote rol bij meerdere maatschappelijke uitdagingen, zoals die ten aanzien van bouwen en wonen, landbouw, natuur en stikstof, klimaat, economie en veiligheid en weerbaarheid. De leefomgeving verandert door menselijk handelen. Kennis over hoe die verandering in zijn werkt gaat is van belang om de consequenties ervan in kaart te brengen en de leefomgeving op een duurzame manier te beheren, zowel op lokale als nationale schaal. De verandering van de – land- en watergebonden – biodiversiteit en ecosystemen waaraan de mens diensten ontleent is een belangrijke indicator voor de gezondheidstoestand van de mens en de kwaliteit van zijn leefomgeving. De leefomgeving en de daarop aangrijpende ecosystemendiensten raken direct aan onze landbouw, veeteelt, visserij, watervoorziening, voedselproductie en toerisme, maar ook bijvoorbeeld aan veiligheid (bijvoorbeeld kustverdediging door middel van *building with nature*). Dat heeft impact op onze gezondheid en de publieke zorg. Het is dan ook essentieel om de – lange termijn – relaties tussen de gezondheid van ecosystemen, de economie, klimaat, maatschappelijke ontwikkelingen, watermanagement, en de landbouwen voedsel-systemen, beter en betrouwbaarder te kunnen monitoren en modelleren. AMW-onderzoek kan hier in belangrijke mate aan bijdragen, ook in samenwerking met de sociale wetenschappen ten aanzien van bijvoorbeeld milieu-ethische vraagstukken gerelateerd aan klimaatbeleid en de impact ervan op gemeenschappen.

Biodiversiteit en ecosystemen Dat de druk op en afname van de biodiversiteit, zowel nationaal als mondiaal, een essentieel vraagstuk voor de mens is, wordt inmiddels breed aanvaard. Biodiversiteitsverlies wordt gezien als indicator voor de gezondheidstoestand van natuur en leefomgeving met relaties naar bijvoorbeeld wonen, landbouw, voedsel van land en zee, natuur,



Biodiversiteit
© iStock

stikstof, energietransitie, klimaatverandering en gezondheid en zorg. Om de effecten van biodiversiteitsverlies te kunnen duiden is meer kennis nodig over zowel de oorzaken van biodiversiteitsverlies als de effecten daarvan op het functioneren van ecosystemen. Verder weten we nog onvoldoende over eventuele kantelpunten, over welke ecosysteemfuncties en -diensten er verloren kunnen gaan door dit verlies, en hoe we effectief kunnen ingrijpen om het biodiversiteitsverlies om te buigen. Hierbij is het van belang om niet alleen te kijken naar de directe oorzaken van biodiversiteitsverlies (zoals landgebruik, vervuiling, klimaatverandering), maar ook naar de onderliggende en meer diffuse oorzaken (zoals economische en maatschappelijke structuren). Er is een grote behoefte aan goede monitoring van biodiversiteit en inzicht in de relatie tussen biodiversiteit en de kwaliteit van de stedelijke en landelijke leefomgeving. Vanuit de AMW kan hier een belangrijke bijdrage aan worden geleverd. Dit is bij uitstek een thema waarin samen- gewerkt moet worden met andere sectoren, zoals de biologie en sociale wetenschappen.

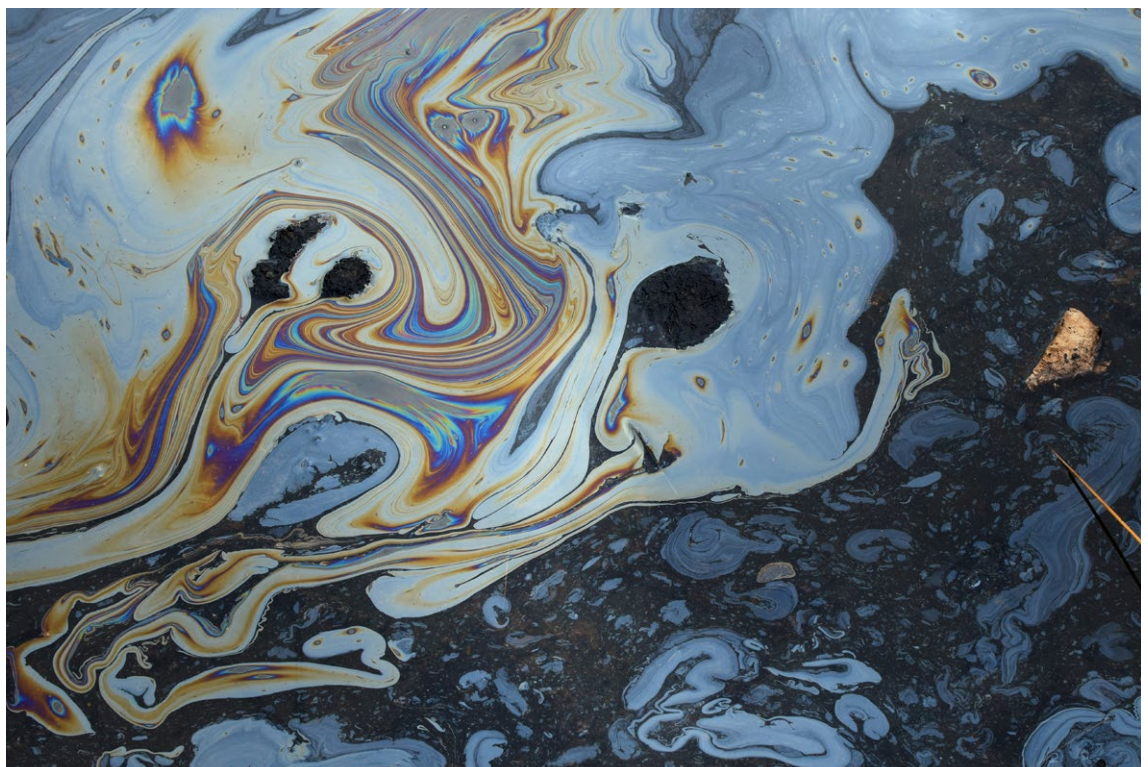
Planetaire gezondheid Planetaire gezondheid richt zich op de nauwe verwevenheid tussen de gezondheid van de mens en de staat van de natuurlijke systemen waarvan wij afhankelijk zijn. Toenemende druk op ecosystemen door klimaatverandering, oceaan- en landgebruik en verlies van biodiversiteit heeft directe en indirecte gevolgen voor menselijke gezondheid en welzijn. Denk hierbij aan veranderingen in voedselzekerheid, de verspreiding van infectieziekten, hitte-gerelateerde gezondheidsproblemen en de afname van essentiële ecosystemediensten zoals habitatverlies, voedselproductie, CO₂-opslag, verlies aan genetische diversiteit, biomaterialen, toerisme of kustbescherming. De kern van planetaire gezondheid ligt in het besef dat economische ontwikkeling en menselijke welvaart niet los gezien kunnen worden van ecologische grenzen. Het huidige lineaire model van productie en consumptie overschrijdt deze grenzen steeds vaker, wat leidt tot systeemrisico's op mondiale schaal. Tegelijkertijd biedt een transitie naar duurzame, circulaire en natuur-inclusieve systemen kansen om zowel ecologische als maatschappelijke winst te realiseren. Om deze transitie te ondersteunen is diepgaand inzicht nodig in de complexe interacties tussen natuurlijke en sociale systemen. Dit vraagt om integrale, interdisciplinaire



Planetaire gezondheid @iStock

benaderingen en geavanceerde meet- en monitoringsmethoden om veranderingen in ecosystemen en hun impact op gezondheid te volgen. Binnen de AMW-sector liggen hier belangrijke sterktes, bijvoorbeeld in systeemmodellering, aardobservatie en data-analyse, die bijdragen aan het ontwikkelen van kennis en oplossingen voor een veerkrachtige en gezonde planeet.

Vervuiling Er zijn vele oorzaken van toenemende druk op de gezondheid van de mens en zijn leefomgeving. Niet de minste oorzaak is de impact van door de mens veroorzaakte verontreiniging en afvalstromen in water, bodem (denk bijvoorbeeld aan pesticiden, PFAS en andere microverontreinigingen en hun vaak onbekende afbraak- en transformatieproducten) en lucht (bijvoorbeeld stikstofdioxide en fijnstof). Naast rechtstreekse impact op de gezondheid van de mens via rechtstreekse blootstelling aan zulke verontreiniging, is er ook sprake van indirecte, vaak langzame, impact door afname van kwaliteit van (drink)water- en voedselvoorzieningsystemen, biodiversiteitsverlies en ecosysteem-achteruitgang, en afname van de kwaliteit van ecosysteemdiensten. Vaak nemen de verontreiniging en afvalstromen toe met toenemende welvaart, maar het welzijn neemt vervolgens af. Om hier iets aan te doen is het nodig om de synergiën en trade-offs tussen de verschillende milieu-domeinen en de biologie, als gevolg van een volledig bio-gebaseerde, circulaire economie, beter te begrijpen en te investeren in circulariteit, hergebruik van water en duurzaamheid langs de gehele productie- en consumptieketens. Hoge-kwaliteit meetsystemen en observatiemethodes zijn nodig om verontreiniging te detecteren, de impact ervan op gezondheid en milieu te bepalen en de veranderingen te monitoren, en om de effectiviteit van mitigerende maatregelen te verifiëren. De kwaliteit van de leefomgeving omvat, naast bodem en water, ook de kwaliteit van de lucht, met name in de onderste lagen van de troposfeer. Luchtvervuiling is, ook wereldwijd, een belangrijk gezondheidsrisico voor de mens. Grootschalige luchtkwaliteitsmonitoring met satelliet-aardobservatie is een van de sterktes van de AMW-sector, waarbij duidelijk wordt dat, door emissies en transport van stoffen tussen de verschillende milieucompartimenten, de waterkwaliteit en luchtkwaliteit vaak tegelijk onder druk staan.



Vervuiling
© iStock



3 HOE GAAT AMW DIT DOEN?

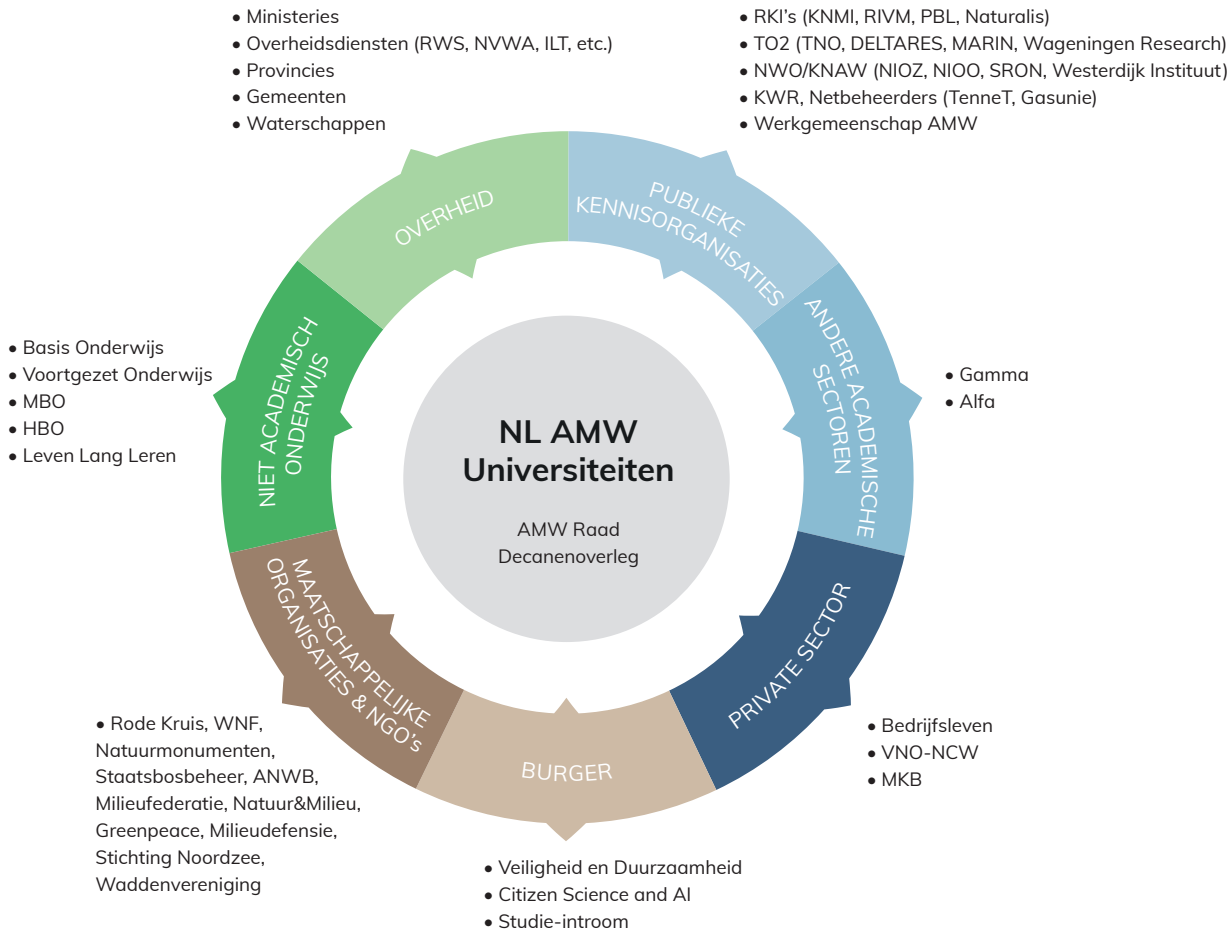
Verdergaande samenwerking en valorisatie

De bijdrage van de AMW-sector aan de maatschappelijke uitdagingen is in het voorgaande inhoudelijk toegelicht. Het is duidelijk geworden dat, vanwege de omvang, samenhang, dynamiek, urgentie en complexiteit van de maatschappelijke uitdagingen, de AMW-bijdrage veelzijdig is, dus dat er op tal van onderzoeksthema's geacteerd dient te worden, en dan ook nog eens op een geïntegreerde en interdisciplinaire wijze. Waar met het eerste Sectorplan het fundament van de AMW-sector aanzienlijk versterkt is en de intersectorale samenwerking een grote impuls heeft gekregen, noopt de veranderende wereld en omgeving tot verdere versterking van de sector: verdergaande samenwerking moet leiden tot heldere profilering en onderzoekfocus binnen academia, samenwerking dient uitgebreid te worden naar de hele kennisketen, inclusief HBO's en niet-universitaire onderzoeksinstituten, naar andere sectoren (sociale wetenschappen, technische wetenschappen), en de impact en maatschappelijke benutting (valorisatie) van de in de AMW-sector opgebouwde fundamentele en praktijkgerichte kennis dient versneld te worden en nog meer gericht te worden vanuit de behoeftes van de maatschappelijke uitdagingen. In dit hoofdstuk zal worden aangegeven op welke manier (het 'hoe') met een eventueel nieuw Sectorplan de AMW-sector nog beter geëquipeerd zal zijn om deze rol te vervullen.

Profiel van de AMW-sector

De AMW-sector in Nederland is breed, sterk, en internationaal toonaangevend. Zie Bijlagen 3 en 4 en Figuur 2 voor een overzicht en de positie van de AMW-sector. Het 'bestuderen en begrijpen van het natuurlijke en fysiek-economische systeem van aarde en mens', zoals het aandachtsgebied van de AMW-sector in het kort omschreven kan worden, behoeft evident multidisciplinaire kennis en kunde. Dat zien we terug in het brede spectrum aan onderzoeksthema's dat de AMW-sector bestrijkt, van de mens zelf en zijn natuurlijke en antropogene leefomgeving, tot de fysieke structuren die door de mens zijn opgezet en het hele 'systeem aarde', en alle interacties daartussen.

De onderzoeksthema's in dit Sectorbeeld sluiten naadloos aan op de sterktes en positie van de AMW zoals die in kaart gebracht zijn in het *White Paper Earth and Environmental Sciences* (november 2024). Dit White Paper beschrijft de AMW-sector vanuit een brede en alomvattende inventarisatie van onderzoeksthema, internationale posities en ambities van de in de AMW-sector verenigde onderzoeksgroepen. De uit een bottom-up proces afgeleide drie sleutel-onderzoekgebieden die in dit document genoemd worden, bundelen dezelfde onderzoeksthema's als genoemd in dit Sectorbeeld, waarbij echter dit Sectorbeeld een doorsnede maakt die specifiek gericht is op de in hoofdstuk 1 genoemde maatschappelijke uitdagingen.



Figuur 2: Het AMW-veld in de samenleving

Het White Paper onderbouwt daarmee de bijdrage die de AMW-sector in een nieuwe Sectorplan kan geven aan het aanpakken van die maatschappelijke uitdagingen, en geeft het vertrouwen dat de daarvoor vereiste kennis en kunde in de AMW-sector aanwezig is en geïntegreerd ingezet kan worden.

Systemdenken

Vanuit het 'systemdenken' kunnen we de verbinding tussen mens-milieu-aarde zien als een geïntegreerd systeem in ruimte en tijd. Voorop staat dat we met dit natuurlijke systeem, dat ook nog eens continu aan verandering onderhevig is, op een verantwoorde wijze moeten omgaan om een veilige, weerbare en duurzame samenleving te kunnen blijven garanderen. De AMW-sector draagt drie fundamentele stappen bij aan dit proces. Ten eerste brengt het de structuur, eigenschappen en ontwikkelingen van dit systeem in kaart op alle relevante ruimtelijke en temporele schalen, zowel door observaties als modellering. Vervolgens analyseert en verklaart de sector de werking ervan (processen, interacties, terugkoppelingen). Tenslotte projecteert AMW die kennis met modelsimulaties naar toekomstige toestanden van het systeem, op basis waarvan beslissingen voor eventuele noodzakelijke interventies genomen kunnen worden om negatieve gevolgen te beperken of te voorkomen en veiligheid en duurzaamheid te waarborgen rekening houdend met de maatschappelijke gevolgen.

Het eerste AMW-Sectorplan richtte zich primair op de AMW-universiteiten, waarbij de niet-universitaire AMW-partijen als stakeholders betrokken werden. In deze update van het AMW-Sectorbeeld worden de niet-universitaire AMW-partijen nadrukkelijk meegenomen (zie onder).

Verdergaande samenwerking en interdisciplinariteit

De versterking van het fundament door het eerste Sectorplan heeft de sector sterker, robuuster en opener gemaakt. Er is inmiddels een raad van Aard en Milieuwetenschappen, een tafel voor Aard en Milieuwetenschappen en een werkgemeenschap voor Aard en Milieuwetenschappen die allemaal bijdragen aan landelijke coördinatie in het veld. Verder zijn er overkoepelende centra of werkgroepen op voor AMW belangrijke thema's, waarin universiteiten samenwerken, (bijeenkomsten, training) zoals het Boussinesq center for hydrology, NCK Nederlands centrum voor kustonderzoek, NCR Nederlands centrum voor rivieronderzoek. Samenwerkingen binnen de sector hebben hun vruchten afgeworpen (zie hoofdstuk 1). De behoefte aan verdergaande samenwerking betreft inmiddels niet alleen maar die tussen universiteiten, maar juist ook met andere geledingen binnen de AMW en de gehele universitaire wereld, maar ook daarbuiten, zoals HBO's en onderzoeksinstituten, en andere mogelijk relevante stakeholders (zie Bijlage 2 en 5). Dat is mede het gevolg van de veranderende maatschappelijke uitdagingen en de behoeftes die daaruit voortkomen aan zowel fundamentele als praktijkgerichte kennis en innovatie. Het zal duidelijk zijn dat de in hoofdstuk 1 genoemde maatschappelijke uitdagingen, die breed en dynamisch zijn in een continu veranderende wereld en omgeving, niet alleen door academia aangepakt kunnen en of moeten worden, maar door samenwerking langs de **gehele kennisketen**. Niet voor niets heeft ook het Coalitieakkoord 2026 als motto: "Samenwerken als gezamenlijke opdracht".

Universiteiten

De samenwerking tussen de milieuwetenschappen en de aardwetenschappen mondde ten tijde van het eerste Sectorplan uit in de breed geïntegreerde AMW-sector. De onderzoeksthema's uit het eerste Sectorbeeld, die gericht waren op de toentertijd relevante beleidsthema's en maatschappelijke missies, waren in het wetenschapsveld doorsnijdend en interdisciplinair, en brachten de verschillende universiteiten, faculteiten en vakgroepen dicht bij elkaar. Zo is er inmiddels een strategische alliantie tussen de universiteiten in Eindhoven, Wageningen en Utrecht op gebieden die voorheen niet samenwerkten, zoals poreuze materialen. Jonge wetenschappers uit de aardwetenschappen en materiaalwetenschappen, levenswetenschappen en kunst werken nu samen. De nieuwe posities uit het vorige Sectorplan hebben bijvoorbeeld ook geleid tot de oprichting van het Utrecht Centre for Sustainable use of the Subsurface. Een andere samenwerking in gang gezet door het eerste Sectorplan is die tussen de universiteit van Amsterdam en die van Delft gericht op de ontwikkeling van technologieën voor het uit de bodem verwijderen en vernietigen van vervuilende stoffen, zoals PFAS. VU en UT zitten in een alliantie om samen te werken in het onderwijs, en hebben inmiddels al twee gezamenlijke BSc programma's. Een ander voorbeeld is de LDE-samenwerking (Leiden-Delft-Erasmus) waarbinnen inmiddels al twee gezamenlijke masterprogramma's en onderzoekshubs lopen.

Eenzelfde interdisciplinariteit en samenwerking blijft ook in het onderhavige Sectorbeeld van het grootste belang: de maatschappelijke uitdagingen uit hoofdstuk 1 zijn alleen maar complexer, urgenter en veelzijdiger geworden. Voor de AMW-sector als geheel, met financiële ondersteuning vanuit een eventueel nieuw Sectorplan, kan het eerder versterkte fundament behouden blijven en verbreed worden én kan de maatschappelijk noodzakelijke interdisciplinariteit en samenwerking een impuls krijgen gericht op meer en meetbare **impact**.

Hoewel binnen de wetenschap vanzelfsprekend samengewerkt wordt, is het universitaire systeem niet altijd optimaal ingericht op het daadwerkelijk delen en samen uitvoeren van projecten en posities tussen universiteiten. Om daarom een intensievere landelijke samenwerking te stimuleren en nog concreter vorm te kunnen geven zijn extra financiële middelen nodig, zoals uit een eventueel nieuw Sectorplan, om gezamenlijke projecten en posities te creëren die bij kunnen dragen aan de noodzakelijke interdisciplinariteit en complexiteit van de maatschappelijke opgaves. In de universitaire praktijk kun je daarbij bijvoorbeeld denken aan gezamenlijke projecten waarbij onderzoekposities (PhD, postdoc) door twee of meer universiteiten gedeeld worden (gedeelde aanstelling, gedeelde begeleiding, gedeeld gebruik van faciliteiten en infrastructuur), het opzetten van interuniversitaire onderzoekteams waar onderzoek en onderwijs in samenhang ontwikkeld en uitgevoerd wordt, of het delen (ontwikkelen, beschikbaar stellen) van onderzoeksfaciliteiten en -infrastructuur tussen twee of meer universiteiten ten behoeve van gezamenlijke projecten. Ook het opzetten van nationale organisaties, analoog aan bijvoorbeeld NIKHEF, op gebied van mariene wetenschappen en oceanografie of via samenwerkingsverbanden zoals MPI en universiteiten in Duitsland zijn mogelijkheden om de nationale samenhang en focus te verbeteren. Mogelijkheden die in een eventueel sectorplan uitgewerkt kunnen worden. Dit sluit ook naadloos aan op de open science beweging die in de wetenschap de laatste jaren nadrukkelijk gemeengoed geworden is als ook bij meer interdisciplinair onderwijs.

Diezelfde verdergaande universitaire samenwerking zal tevens bijdragen aan verdere **focus en specialisatie**, waarbij overlap zich vertaalt in meer synergie en impact. Zulke samenwerking is heel efficiënt bij het, aan de ene kant, creëren van centers of excellence op grote thema's en, aan de andere kant, bij het behouden van kleine vakgebieden die van groot belang zijn voor Nederland. Dit vraagt om scherpe keuzes binnen de AMW-sector, die als positief effect zullen hebben: een betere profilering van de universiteiten alsmede een beter profiel van de AMW-sector op nationaal niveau en de positionering ten opzichte van andere sectoren. Dit geldt ook voor de inrichting van het universitaire onderwijs, waar meer landelijke coördinatie wenselijk is om de samenleving vanuit een breed spectrum aan onderwijsprogramma's te kunnen blijven voeden met breed inzetbare en interdisciplinair vaardige afgestudeerden. Met behulp van de financiële ondersteuning, door middel van de transitie-middelen uit een eventueel nieuw Sectorplan, kan dit aanbrengen van focus en versterkte profilering zijn beslag krijgen met behoud van alle sterkten en expertises.

Een versterkt en helder profiel van de AMW-sector komt ten goede aan de **positie** van de sector, zowel nationaal als internationaal. Daarmee kan de AMW-sector nog aantrekkelijker worden voor het aantrekken en behouden van wetenschappelijk talent uit binnen- en buitenland. Hoewel de huidige positie van de AMW-sector ook internationaal gezien al van grote waarde is, vormen de recent teruggelopen investeringen in wetenschap en innovatie in Nederland een groot risico voor het behoud en versterking van de positie van de sector, terwijl die voor de (nabije) toekomst juist zo hard nodig is in het licht van de veranderende wereld en de uitdagingen waar Nederland voor staat. Nederland blijft achter op de in het Draghi-rapport genoemde 3%-norm voor wetenschap en innovatie en dreigt daardoor terrein te verliezen ten opzichte van ons omringende landen, ook in de AMW-sector.

HBO-onderzoek

De maatschappelijke uitdagingen en de AMW-onderzoeksthema's vragen zowel om fundamentele als praktijkgerichte kennis en innovatie. Hoewel een kenmerk van de AMW is dat veel onderzoek al een directe maatschappelijke impact heeft, zoals bijvoorbeeld vanuit praktische maatregelen voor mitigatie en adaptatie van klimaatverandering, is het duidelijk dat voor de gevraagde impact de inzet van de gehele kennisketen noodzakelijk is. Daaronder vallen ook de HBO's. Dit staat niet los van de ontwikkelingen van HBO's tot onderwijs- én **onderzoeks**in-

stellingen, ook op AMW-thema's. Zie Bijlage 5 voor een overzicht van de voor AMW relevante HBO-instellingen. Afstemming met en samenwerking tussen AMW-HBO's en AMW-universiteiten kan een grote bijdrage leveren aan de operationalisering van fundamenteel onderzoek en de versterking van praktijkgericht onderzoek waarmee nog meer maatschappelijke impact bereikt kan worden. Universitair en HBO-onderzoek kunnen zo in elkaars verlengde liggen en, nog meer, in synergie uitgevoerd worden. Daarbij bevinden HBO's zich veelal in een uitstekende positie om hun onderzoek vanuit de maatschappelijke behoefte te sturen door nauwe samenwerking met bedrijven, maatschappelijke organisaties en/of overheden. Die stakeholderbetrokkenheid raakt op deze manier ingebed in de kennisketen zodat uiteindelijk ook het academische fundament van de AMW nog beter afgestemd kan worden op de behoeftes vanuit de maatschappelijke uitdagingen.

Kennisinstellingen

Naast universiteiten en HBO's spelen in het Nederlandse kennis-ecosysteem ook andere kennisinstellingen en diverse onderzoeksinstituten een uiterst belangrijke rol. Zie Bijlage 2 voor een overzicht van de voor AMW meest relevante kennisinstellingen en onderzoeksinstituten. Hoewel deze instellingen in het Nederlandse bestel op een andere manier gefinancierd worden dan universiteiten, en in de meeste gevallen geen onderwijsstaak hebben, hebben zij over het algemeen een zeer sterke wetenschappelijke/academische positie, vaak ook internationaal, waarbij het onderzoek zowel fundamenteel als praktijkgericht van aard kan zijn. Ook bieden ze vaak een continuïteit in infrastructuur die moeilijk te realiseren is op universiteiten, waarbij de vloot van onderzoekschepen die het NIOZ beheert een sprekend voorbeeld is. Veel van het onderzoek draagt direct bij aan de beleidsthema's waaraan gewerkt wordt op de diverse ministeries. Het ligt dan ook voor de hand dat, bij het aanpakken van de grote maatschappelijke uitdagingen zoals dit Sectorbeeld zich ten doel stelt, deze kennisinstellingen nodig zijn bij het behalen van dat doel en het genereren van maatschappelijke meerwaarde en impact. Niet in de laatste plaats omdat sommige van deze kennisinstellingen kunnen bogen op een lange geschiedenis en vaak diepgeworteld zijn in de Nederlandse samenleving, vaak nauwe(re) banden hebben met stakeholders uit het bedrijfsleven en overheden, en hun onderzoek veelal dicht op de behoeftes uit de samenleving laten aansluiten.

Veel AMW-universiteiten werken al sinds jaar en dag samen met sommige van deze kennisinstellingen en onderzoeksinstituten. Tegelijkertijd ziet AMW met een nieuw Sectorplan ook uitstekende mogelijkheden om die samenwerking te verbreden, versterken en intensiveren:

- versterken van bestaande samenwerkingen met kennisinstellingen, en aangaan van nieuwe samenwerkingen die tot nog toe niet bestaan,
- samen met de kennisinstellingen de onderzoekagenda's bepalen vanuit de maatschappelijke uitdagingen en de AMW-onderzoeksthema's, gericht op meer gezamenlijke projecten, kennisdeling en gezamenlijke outreach,
- intensievere samenwerking door mogelijkheden te onderzoeken van gezamenlijke inzet en uitwisseling van personeel, gezamenlijke ontwikkeling en gebruik van onderzoekinfrastructuur, en gezamenlijke nationale en internationale positionering.

Duidelijk is dat voor bijna de hele breedte van het veld, voor nagenoeg alle inhoudelijke disciplines, geldt dat er samengewerkt kan worden met de andere kennisinstellingen. Met behoud van de noodzakelijke onderzoekautonomie kan door betere afstemming en samenwerking meer synergie ontstaan en onderzoekinfrastructuur efficiënter gebruikt worden wat zich vertaalt in betere focus op maatschappelijke opgaves, meer efficiëntie langs de hele kennisketen, betere positionering van AMW, ook internationaal, en betere benutting van kennis en kunde voor meer maatschappelijke impact.



Kennisinstellingen
en AMW © iStock

Cross-sectorale samenwerking

AMW is onderdeel van het wetenschappelijke bèta-domein. Uit de centrale positie die 'mens en aarde' innemen in het AMW-onderzoek, en uit de beschrijving van de meest relevante onderzoeksthema's in het vorige hoofdstuk, volgt dat afstemming en samenwerking met andere bètawetenschappen, zoals de biologie, de chemie, de natuurkunde, de wiskunde en informatica, de astronomie en de technische wetenschappen, als vanzelfsprekend worden gezien. De AMW-sector staat daar veelal midden tussen in. Omdat daarnaast bij nagenoeg alle maatschappelijke missies de interactie van het natuurlijke systeem met het menselijk handelen een essentiële rol speelt, relateert de AMW-sector ook sterk aan gamma-/maatschappijwetenschappen, zoals bijvoorbeeld de sociologie, economie, psychologie, beleids-, bestuurs-, ruimtelijke en politieke wetenschappen, en de communicatiewetenschappen. Met financiële ondersteuning vanuit een eventueel nieuw Sectorplan kan de AMW-sector expliciet cross-sectoraal samenwerkingsverbanden aangaan om zo nog beter en op een meer geïntegreerde manier bij te kunnen dragen aan het aanpakken van de relevante maatschappelijke uitdagingen in onze veranderende wereld.

Onderwijs

Academisch onderwijs is ingebed in wetenschappelijk onderzoek en vice versa. Ze kunnen niet los van elkaar bestaan. Wetenschappelijke kennis uit state-of-the-art AMW-onderzoek vindt zijn weg via de academische opleiding van professionals naar het werkveld in de praktijk van overheid, wetenschap, bedrijfsleven en maatschappij, om de genoemde maatschappelijke uitdagingen het hoofd te bieden.

Daardoor zal de thematiek en aard van het onderwijs zowel aansluiten op de nieuwe ontwikkelingen in het AMW-onderzoek als de behoeftes van arbeidsmarkt, bedrijven, instituten en overheidsinstellingen. Dit draagt ook bij aan het behouden en versterken van de kennisintensieve economische positie van Nederland. Inhoudelijke ontwikkelingen in het onderwijs zullen dus in dezelfde thematiek plaatsvinden als in het onderzoek. Dat kan, praktisch gezien, ook goed georganiseerd worden omdat alle wetenschappelijke staf dezelfde inhoudelijke expertise nodig heeft in het onderzoek en onderwijs.

Diepgaande, fundamentele kennis en kunde over aarde en milieu, zoals de AMW-sector die aanbiedt in opleidingen aan alle AMW-universiteiten (Bijlage 3), is essentieel voor het aanpakken van de maatschappelijke uitdagingen. Vanwege de complexiteit en het integrale karakter

daarvan en de daaraan gerelateerde onderzoeksthema's, verwacht de samenleving, naast een sterke disciplinaire basis, steeds vaker inter- en transdisciplinaire vaardigheden van de academische afgestudeerden: het in staat zijn om de eigen (sub-)discipline te 'overstijgen' en samen met mensen uit zeer verschillende disciplines en niet-academische stakeholders problemen te overzien en op te lossen is een noodzaak in de sterk veranderende wereld. Een unieke meerwaarde van AMW-onderwijs is dat afgestudeerden systeemdenken, data, veldkennis, modelleren en maatschappelijke afwegingen met elkaar kunnen verbinden.

Het versterken van de AMW-sector door middel van een nieuw Sectorplan zal dan ook direct impact hebben op het academisch onderwijs:

- de scherpere profilering en focus binnen de sector zal leiden tot beter afgestemde bachelor/master-programma's op nationale schaal,
- een hogere staf/student-ratio komt ten goede aan de kwaliteit van zowel onderwijs als onderzoek, verlaagt de werkdruk, en draagt positief bij aan vooral de startfase van jonge onderzoekers,
- de toegenomen interdisciplinariteit van het onderzoek zal een plek krijgen in het curriculum,
- meer aandacht voor raakvlakken en samenhang met disciplines uit andere sectoren,
- de curricula zullen meer gericht worden op de maatschappelijke uitdagingen en daardoor een populatie afgestudeerden opleveren die nog beter geëquipeerd zijn om impact te hebben op de samenleving via hun positie op de arbeidsmarkt,
- meer aandacht voor nieuwe methoden en technieken op het gebied van modellering, experimenten, observaties, digitalisering, en uiteraard ook kunstmatige intelligentie, waarbij ook inbreng uit andere sectoren een plaats krijgt,
- het onderwijs zal beter voorbereiden op de dynamiek van de steeds veranderende wereld waarbij de afgestudeerden inzicht meekrijgen in het belang van weerbaarheid, veiligheid en diversiteit in en van de samenleving en in de gelegenheid worden gesteld om in de loop van hun werkzame leven bij te blijven scholen (**leven-lang leren**) om zodoende de nieuwste ontwikkelingen mee te blijven krijgen. Dit kan AMW-studenten aanzetten tot het oppakken van invloedrijke en verantwoordelijkheids-dragende posities in de samenleving, op de arbeidsmarkt, en in het openbaar bestuur en beleid.
- de snel veranderende wereld houdt ook in dat de AMW-sector wendbaar en flexibel moet zijn, en dat veranderingen in het curriculum kunnen worden versneld (inzetten op flexibel onderwijs),
- meer aandacht voor een doorlopende leerlijn van MBO, HBO tot universiteit en postacademisch onderwijs in het kader van leven-lang leren.

Een meer geïntegreerde kennisketen kan tevens profiteren van een samenwerking met het HBO omdat het **onderwijs**spaden kan genereren, onderwijspaden die lopen van het middelbaar onderwijs tot promovendi waarlangs talent kan instromen van het middelbaar onderwijs, doorstromen van/tussen bachelors en masters aan zowel universiteiten als HBO's, rekening houdend met de behoeftes vanuit de arbeidsmarkt en anticiperend op de versterking van Nederland als kennisland. Versterking van de samenwerking op onderwijsgebied kan bijvoorbeeld door heldere en afgestemde criteria te ontwikkelen voor toelating tot bachelor/master-programma's, door het uitvoeren van gezamenlijke afstudeerprojecten, al of niet in opdracht van of samen met externe stakeholders, of verdergaande afstemming van curriculumontwikkeling gericht op doorstroming én maatschappelijke impact. Ook meer aandacht voor leven-lang leren (bijscholing en herscholing) is daar een belangrijke troef bij voor de toekomst (human capital agenda, European competitiveness agenda). Op deze manier ontstaat de elkaar versterkende symbiose tussen academisch/fundamenteel en praktijkgericht onderwijs waar de samenleving zoveel behoefte aan heeft.

Andere AMW-stakeholders

Versterkte en verbrede samenwerking binnen het AMW-onderwijs en – onderzoek is ook van groot belang voor diverse andere AMW-stakeholders, zoals maatschappelijke organisaties, grote bedrijven en industrieën, MKB en overheden. Zulke stakeholders hebben veelal groot belang bij uitstroom naar de arbeidsmarkt van afgestudeerden met goede disciplinaire én multidisciplinaire kennis en vaardigheden, en bij valorisatie van geïntegreerde AMW-kennis en -kunde. Deze stakeholders zijn vaak betrokken, samen met ministeriële beleidsmakers, bij het agenderen en aanpakken van de eerdergenoemde maatschappelijke uitdagingen. De AMW-onderzoeksthema's uit hoofdstuk 2 richten zich al specifiek op die uitdagingen, en in het kader daarvan kan de AMW-sector een nog betere dialoog aangaan met de stakeholders, om de valorisatie van de academische kennis en de inbedding in de maatschappelijke praktijk te bevorderen. Daarbij kan bijvoorbeeld gebruik gemaakt worden van methoden als maatschappelijke onderzoeken, *citizen science* projecten, of *living labs* waar alle partijen in de Triple Helix met elkaar samenwerken. De verdergaande samenwerking tussen universiteiten, kennisinstellingen en hogescholen zoals hierboven genoemd sluit daar goed bij aan.

Infrastructuur en voorzieningen

Onderzoek en onderwijs in de AMW-sector maken op grote schaal gebruik van verschillende vormen van infrastructuur en faciliteiten. Het gaat daarbij om voorzieningen voor observeren, experimenteren, modelleren, valideren en digitaliseren. Zulke infrastructuur is niet meer weg te denken in het huidige academische bestel, net zomin als bij de kennisinstellingen en de hogescholen. Een *state-of-the-art* infrastructuur is onderdeel van het fundament van de AMW-sector en het versterken, garanderen en benutten hiervan zou een belangrijk onderdeel van een eventueel nieuw Sectorplan zijn.

Digitalisering

(Digitale) data ligt, naast methodologieën, aan de basis van de opgebouwde kennis in de wetenschap, dus ook in de AMW-sector. Inmiddels is de hele samenleving in sterke mate 'digitaal' geworden en is die afhankelijk geworden van informatie afkomstig uit – de verwerking van – data. Voor het verwerken van de enorme en groeiende hoeveelheden data is het gebruik kunnen maken van een up-to-date IT-infrastructuur noodzakelijk. *Data science* op gebied van AMW, kunstmatige intelligentie zoals in de vorm van *machine learning* voor de interpretatie van satellietwaarnemingen, generatieve AI als aanvulling op numerieke stromingsmodellen, *high-performance computing*, *digital twins* en *big data analytics* zijn onmisbare voorzieningen en capaciteiten voor het AMW-onderzoek. De eisen die hieraan gesteld worden zijn steeds zwaarder, bijvoorbeeld ook vanwege de behoefte om steeds vaker *real-time* dataverwerking te doen. Kijkende naar de complexiteit en omvang van de eerdergenoemde maatschappelijke uitdagingen zal dit in de komende jaren alleen maar sterker worden. Het bezitten en aanleren van *state-of-the-art* digitale vaardigheden op deze onderwerpen is van belang voor zowel onderzoekers als studenten. In lijn met de door AMW voorgestelde verdergaande samenwerking en interdisciplinaire aanpak om de maatschappelijke uitdagingen aan te pakken, is een impuls vanuit een eventueel nieuw Sectorplan ten behoeve van de versterking van de digitaliseringsopgave van groot belang. Daarbij dient, naast voorzieningen voor dataopslag, ook gedacht te worden aan gespecialiseerde IT-experts die in de onderzoeksprojecten van belang zijn voor een optimale benutting van de beschikbare digitale voorzieningen. Daarbij valt te denken aan verdergaande samenwerking met het Nederlands eScience Center en de nationale computerfaciliteiten aangeboden door SURFsara. Meer gespecialiseerd IT-personeel ter ondersteuning van de AMW-wetenschappers is een noodzakelijke stap die gemaakt moet worden.

Observeren, experimenteren, valideren

Het is evident dat het observeren, zowel incidenteel als continu (monitoren), van alle onderde-

len van, en processen in, de (sub-)systemen van aarde en milieu, van cruciaal belang is, zowel voor het kennen en modelleren van verleden, heden en toekomst. Veel veranderingen in de AMW-sector worden gedreven door verbeterde en nauwkeurigere waarnemingstechnieken. Dit geldt voor alle eerdergenoemde AMW-onderzoekthema's. Daarvoor is een omvangrijke en gevarieerde **meetinfrastructuur** noodzakelijk, bestaande uit sensoren/meetinstrumenten die ingezet worden voor veldwerk en empirisch onderzoek op platforms in de lucht, in de ruimte, op, onder en boven de grond, en in zoet en zeewater. Het gaat daarbij ook om geautomatiseerde waarnemingen in continue tijd- en ruimteschalen, en bijvoorbeeld nieuwe sensoren met ingebouwde AI-functionaliteit. Parallel aan het inzetten van meetinfrastructuur is het gebruik van (nationale) **laboratoria**, werkplaatsen en *Living Labs* evenzeer van groot belang voor de AMW. *Living Labs* zijn nodig om duurzame oplossingen in de praktijk te testen, vaak in samenwerking met maatschappelijke partners. Bijvoorbeeld *Urban Labs* voor stedelijke duurzaamheid, *Resource Lab* voor efficiënt grondstofgebruik, of *Polderlab* dat is gericht op het verbouwen van voedsel, het opwaarderen van ingeklinkte veengronden, waterbeheer, klimaatadaptatie en biodiversiteit. Experimenteel onderzoek is cruciaal voor kennisopbouw, exploratie, validatie en valorisatie. Het werken met zulke meet- en lab-infrastructuur vereist daarbij ook structureel gespecialiseerd ondersteunend personeel voor operaties, onderhoud en technische dienstverlening. Verdere nationale samenwerking om internationale ontwikkelingen bij te kunnen houden is noodzakelijk.

De maatschappelijke uitdagingen vereisen het continu actualiseren, uitbreiden, verbeteren, integreren en verfijnen van de meetinfrastructuur en laboratoria voorzieningen (en bijbehorende data-analyse), waarop de financiële ondersteuning vanuit een nieuw Sectorplan goed zou aansluiten. De AMW-sector wil deze infrastructuur niet alleen versterken en verbreden maar ook nóg beter gaan benutten door samenwerking en brede beschikbaarstelling voor partners in de kennisketen en mogelijke andere maatschappelijke stakeholders.

Aardobservatie

De laatste jaren is het belang van het inzetten van satelliet-**aardobservatie** voor (en door) de AMW steeds belangrijker geworden. Daarvoor wordt zowel nationaal als internationaal een grootschalige infrastructuur in de ruimte ontwikkeld en onderhouden. Mondiale aardobservatie is bij uitstek geschikt voor (grootschalige) modellering, monitoring en voorspelling van dynamische processen in aarde en milieu. De van deze ruimte-infrastructuur afkomstige data (observaties, signalen) zijn (en komen) beschikbaar in grote hoeveelheden, en de verwerking, modellering, analyse en interpretatie ervan doen een steeds groter beroep op de digitale en interdisciplinaire kennis en kunde van de AMW-sector. Op gebieden als het versterkte broeikas-effect door CO₂ en/of methaan (klimaatverandering), luchtkwaliteit, hydrologie en zeespiegel, ijsskappen en bodembeweging, is aardobservatie tegenwoordig onmisbaar. Ook draagt aardobservatie bij aan het nagenoeg real-time kunnen volgen van mondiale transportstromen met bijbehorende productie en emissies. Een impuls in de beschikbaarheid van nog beter passende satellietobservaties, de verificatie en validatie daarvan met behulp van in-situ grondinfrastructuur, en de benutting ervan tot nieuwe inzichten over aarde en milieu, kan de AMW-sector sterk helpen de complexe maatschappelijke uitdagingen te begrijpen en aan te pakken. Denk bijvoorbeeld aan de stikstofproblematiek waarvan weliswaar is aangetoond dat satelliet-aardobservatie daar in principe een belangrijke bijdrage aan kan leveren, maar waarvoor de komst van nauwkeurige, tijdige en langdurige observaties met satellieten nog op zich laat wachten en er dus een snelle inhaalslag zou moeten komen voor de ontwikkeling, bouw en operatie van een speciale 'stikstof-missie'. Nederland beschikt over uitstekende kennis en kunde hiervoor (satellietmetingen aan de atmosfeer zijn een internationale sterke van Nederland). Dit is een voorbeeld hoe extra ondersteuning direct kan helpen bij acute maatschappelijke problemen.



Onderzoeksvloot
© Flying Focus

Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur (GWI)

Vanuit de Roadmap GWI van NWO komen omvangrijke middelen ter beschikking voor nationale onderzoekinfrastructuur en het beter ontsluiten van data, ook voor de AMW. Met de complexer worden maatschappelijke uitdagingen en de steeds sneller veranderende wereld wordt de afhankelijkheid van zulke infrastructuur steeds groter, zowel wat betreft de eisen die aan die infrastructuur gesteld worden, als de disciplines waarvoor die beschikbaar is, alsmede de actualisatie, onderhoud en beschikbaarheid ervan, ook op lange termijn.

Het zou goed zijn de financiële ondersteuning vanuit een eventueel nieuw Sectorplan ten behoeve van infrastructuur en andere faciliteiten in de pas te laten lopen met het GWI-programma van NWO, om vanuit ieders randvoorwaarden optimale ondersteuning te kunnen bieden bij de verdere ontwikkeling, actualisering en benutting van de hier genoemde onderzoekinfrastructuur. Het verder oplijnen van deze ondersteuningsvormen komt ten goede aan de effectiviteit, doelmatigheid en doeltreffendheid van de investeringen. Voor AMW gaat het in ieder geval om infrastructuren zoals: EPOS-NL, Ruisdael, Delta-Enigma, Nationale computerinfrastructuur voor Klimaatmodellering, Nationale geo-chemische laboratoria met specialistische apparatuur.



4 SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In een tijd waarin veel in beweging is in de wereld, is het onontkoombaar dat de samenleving meebeweegt. De AMW-sector is uiteraard onderdeel van deze samenleving en voelt zich daarom verantwoordelijk om ook mee te bewegen. Dat is waar dit vernieuwde Sectorbeeld AMW over gaat.

Door nationale en internationale ontwikkelingen van de laatste jaren in de maatschappij, de (geo)politiek en de economie, denk aan bijvoorbeeld de impact van klimaatverandering, de noodzaak van strategische autonomie, en de veranderende handelsrelaties, zijn een aantal nieuwe uitdagingen aan het licht gekomen en zijn enkele al bestaande uitdagingen verscherpt of meer op de voorgrond gezet. De nieuwe accenten in de maatschappelijke uitdagingen vormen het uitgangspunt van deze update van het AMW-Sectorbeeld (hoofdstuk 1).

Met onderzoek en onderwijs draagt de AMW-sector bij aan het aanpakken van de maatschappelijke uitdagingen. Door de kennis en kunde van de AMW-sector te bundelen langs specifieke onderzoeksthema's wordt op een doeltreffende en efficiënte manier bijgedragen aan het aanpakken van die uitdagingen. Vanuit AMW-perspectief zijn de overkoepelende (maar ook overlappende) onderzoeksthema's: klimaatverandering; grondstoffen en energie; water en voedsel; gezonde leefomgeving; en weerbaarheid. Op deze thema's, en de daaronder vallende sub-thema's, kan en wil de AMW-sector het onderzoek bundelen, afstemmen en versterken ten behoeve van nog meer maatschappelijke impact (hoofdstuk 2).

Dit Sectorbeeld laat ook zien hoe de AMW-sector dit wil en kan bereiken (hoofdstuk 3). Een belangrijk aspect hierbij is de versterking van de (inter)disciplinaire samenwerking tussen de AMW-universiteiten, het op de relevante raakvlakken opzoeken en versterken van cross-sectorale samenwerking, bijvoorbeeld met andere disciplines van de natuurwetenschappen en de sociale wetenschappen, én het verbreden van de samenwerking langs de gehele kennisketen met andere AMW-kennisinstellingen en hogescholen. Een andere essentiële component is de onderzoekinfrastructuur. Deze infrastructuur vormt één van de fundamenteën van de AMW en dit Sectorbeeld geeft aan hoe structurele versterking daarvan noodzakelijk is voor het AMW-onderzoek en -onderwijs, en welke rol die speelt in de versterking en verbreding van de samenwerking langs de hele kennisketen.

Het oppakken van het onderzoek en onderwijs binnen de AMW-onderzoeksthema's, gericht op de urgente maatschappelijke uitdagingen, vraagt om verdergaande samenwerking, om meer focus en specialisatie, maar ook om meer massa en intensivering van de capaciteit. Een eventueel nieuw Sectorplan gebaseerd op dit Sectorbeeld kan daar invulling aan geven. De profilering

van de AMW-sector wordt daardoor verbeterd, maar ook de slagkracht en de maatschappelijke impact. Dat is niet alleen goed voor de AMW, maar ook voor de hele academische wereld, de stakeholders in de hele kennisketen, voor het beleid én daarmee voor iedereen in de samenleving.

BIJLAGEN

Sectorbeeld AMW 2026

Bijlage 1. Raad voor de Aard- en Milieuwetenschappen (AMW-raad)

Roderik van de Wal (co-voorzitter), Universiteit Utrecht
Petra Hellegers (co-voorzitter), Wageningen University and Research
William Gosling, Universiteit van Amsterdam (UvA)
Marja Lamoree, Vrije Universiteit Amsterdam
Evert Slob, TU Delft
Heleen De Coninck, TU Eindhoven
Johannes Miotic, Rijksuniversiteit Groningen
Martina Vijver, Universiteit Leiden
Pim Martens, Universiteit Maastricht
Caroline Slomp, Radboud Universiteit Nijmegen
Daphne van der Wal, Universiteit Twente

Dit AMW-sectorbeeld was er niet geweest zonder de bijdrage en inzet van:

- Radboud Koop, NLSA
- Margot Stoete, Carin van Weerd, UU
- Sophie Schmid, NWO
- Aafke Schippers, RUN
- Mara Hauck, TUE
- Frederic Béen, VU

Credits voor fotomateriaal

- Foto Antarctica Kadir van Loohuizen
- Foto NIOZ-vloot Flying Focus
- Foto Amsterdam Juliane Fry, WUR
- Foto koeien Max Augustijn
- iStockphoto

Bijlage 2. Overzicht stakeholders

De betrokken universiteiten hebben structurele samenwerkingsrelaties met de volgende partijen:

TO2-instellingen:

- Deltares
- TNO (breed)
- Marin
- WUR Research

NWO-instituten:

- NIOZ (Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee)
- SRON (Space Research Netherlands)
- CWI (Centrum voor Wiskunde en Informatica)

KNAW-instituten:

- NIOO (Nederlands Instituut voor Ecologie)
- Westerdijk

RKI's (Rijkskennisinstellingen):

- KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut)
- Naturalis (Naturalis Biodiversity Center)
- PBL (Planbureau voor de Leefomgeving)
- RIVM (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu)
- Centraal Planbureau
- RWS (Rijkswaterstaat)

Overig:

- KWR (Water Research Institute)
- IHE (Delft Institute for Water Education)
- Groenpact
- Covra (ondergrondse opslag radioactief afval)
- CRUX BV (adviesbureau op gebied van geotechniek, hydrogeologie)
- GeokennisNL (Min. EZKlimaat en Groene Groei)
- Institute of Social Studies (part of Erasmus University Rotterdam)
- E-Science center
- EBN (Energie Bedrijf Nederland)
- ESA (European Space Agency)

Bijlage 3. Instroom AMW opleidingen

Bachelor

Opleidingen	Instroom ¹				
	CROHO	b/g	Taal	2018-19	2019-20
Universiteit van Amsterdam					
B Future Planet Studies	50425	g	NED	178 (0%)	156 (0%)
Vrije Universiteit Amsterdam					
B Aarde, Economie en Duurzaamheid	50668	g mix g/b (geen NT/NG profiel nodig)	NED	48 (0%)	59 (0%)
B Aardwetenschappen	56986	b	NED	65 (0%)	55 (0%)
B Gezondheid en Leven					
TU Delft					
B Applied Earth Sciences	56959	b	ENG	48 (19%)	76 (34%)
TU Eindhoven					
B Sustainable Innovation	56265	g	ENG	66 (<1%)	77 (<1%)
Universiteit Leiden					
B Science for Sustainability Societies	50474		ENG	-	-
Universiteit Maastricht²					
B UCV [50% telt mee voor AMW]					
B Sustainable Bioscience [20% telt mee voor AMW]					
Open Universiteit					
B Milieu-natuurwetenschappen	56988		NED	42 (0%)	43 (0%)
Universiteit Utrecht					
B Natuurwetenschappen en Innovatiemanagement		b	NED		
B Global Sustainability Science	56987	b/g	ENG	130 (18%)	148 (28%)
B Aardwetenschappen	56986	b	NED	138 (0%)	148 (0%)
Wageningen University and Research					
B Environmental Sciences	56283		ENG	83 (29%)	126 (28%)
B International Land and Water Management	50100		ENG	96 (7%)	73 (15%)
B Soil, Water and Atmosphere	56968		ENG	84 (6%)	85 (6%)

1 absolute aantallen met tussen haakjes het aandeel internationale studenten in % (EER en niet EER)

2 UM heeft ook AMWvakken in de bachelor binnen de School of Liberal Arts and Sciences (university colleges).

2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026
149 (0%)	110 (0%)	110 (0%)	98 (0%)	57 (0%)	54 (0%)
94 (1%)	94 (0%)	69 (1%)	60 (3%)	64 (0%)	
57 (2%)	34 (0%)	38 (5%)	46 (0%)	42 (0%)	
378 (2%)	372 (1%)	353 (0%)	88 (0%)	84 (0%)	
72 (39%)	87 (30%)	71 (34%)	90 (33%)	83 (46%)	98 (49%)
				48 (50%)	26 (69%)
-	-	-	-	-	43 (40%)
28 (86%)	35 (89%)	20 (90%)	19 (86%)	13 (81%)	9 (83%)
0	0	0	0	0	0
175	97	93	88	87	67
172	222	189	186	145 (39%)	101
135	139	127	140	140 (1%)	183
125 (30%)	113 (41%)	81 (44%)	88 (47%)	72 (46%)	51 (47%)
78 (10%)	61 (10%)	64 (31%)	53 (26%)	41 (39%)	30 (20%)
60 (12%)	60 (5%)	57 (14%)	48 (8%)	55 (13%)	46 (17%)

Master

Opleidingen				Instroom ³	
	CROHO	b/g	Taal	2018-2019	2019-2020
Vrije Universiteit Amsterdam					
M Environment and Resource Management	60045		ENG	80 (60%)	120 (60%)
M Hydrology	60807	b	ENG	31 (10%)	28 (14%)
M Earth Sciences	66986	b/g	ENG	45 47 (11%)	65 63 (17%)
Universiteit van Amsterdam					
M Earth Sciences	66986		ENG	31 (38%)	25 (48%)
TU Delft					
M Applied Earth Sciences	60360	b	ENG	58 (43%)	71 (34%)
M Applied Geophysics, IDEA League ⁴	60360 65028	b	ENG	25 (76%)	18 (89%)
M Sustainable Energy Technology	60443	b	ENG	127 (54%)	130 (55%)
M GIMA	60732		ENG		
M Environmental Engineering	60985	b	ENG	-	-
Universiteit Eindhoven					
M Sustainable Energy Technology	60443		ENG	44 (50%)	49 (50%)
Universiteit Leiden					
M Industrial Ecology	65003		ENG	73 (26%)	88 (35%)
M Governance of Sustainability	60965		ENG	-	50 (32%)
Universiteit Maastricht					
M Sustainability Science, Policy and Society	69315	b/g	ENG	49 (82%)	75 (84%)
Radboud Universiteit Nijmegen					
M Environment and Society Studies	66839	g	ENG	8	7
M Science for Sustainability	69351	b + g	ENG	-	-
Universiteit Groningen					
M Energy and Environmental Sciences	60608		ENG	50 (40%)	53 (34%)

3 absolute aantallen met tussen haakjes het aandeel internationale studenten in %

4 De cijfers in rood zitten ook in M Applied Earth Sciences; sinds 2024 is het een zelfstandig master programma (internationale joint degree)

5 Van de 9 internationale studenten is april 2025 nog slechts 1 student over.

2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026
166 (43%)	181 (51%)	148 (46%)	154 (44%)	158 (42%)	
27 (7%)	29 (14%)	26 (12%)	40 (18%)	33 (18%)	
80 (20%)	56 (39%)	58 (22%)	50 (14%)	62 (21%)	
23 (50%)	25 (57%)	22 (54%)	41 (46%)	42 (31%)	44(32%)
85 (35%)	66 (49%)	42 (41%)	56 (39%)	31 (39%)	44 (39%)
20 (60%)	20 (85%)	18 (80%)	10 (80%)	20 (60%) (55/45 m/v)	20 (85%)
116 (43%)	184 (58%)	141 (67%)	119 (54%)	106 (51%)	103 (62%)
				98 (25%)	44 (39%)
-	-	57 (42%)	62 (39%)	56 (41%) (46/54 m/v)	62 (58%)
				124 (26%)	21 (66%)
125 (51%)	130 (42%)	90 (44%)	79 (42%)	71 (41%)	57 (53%)
81 (47%)	96 (50%)	53 (53%)	66 (56%)	67 (57%)	59 (44%)
				110	
				45	
-	-	-	-	Start in 2025-2026	
32 (22%)	47 (43%)	39 (41%)	29 (59%)	30 (32%) ⁵	22

Master (vervolg)

Opleidingen				Instroom ³	
	CROHO	b/g	Taal	2018-2019	2019-2020
Open Universiteit					
M Environmental Sciences	60164		ENG/NED	20 (0%)	20 (0%)
Universiteit Twente					
M Sustainable Energy Technology	60443	b en g	ENG	36 (14%)	36 (22%)
M Environmental and Energy Management, UT	69319	g	ENG	37 (78%)	36 (78%)
M Geo-Information Sciences and Science and Earth Observation	75014		ENG	142 (99%)	115 (100%)
M Spatial Engineering	60962		ENG	17 (76%)	24 (63%)
M Civil Engineering and Management	60026		ENG	44 (16%)	57 (9%)
M Humanitarian Engineering	60475	b/g	ENG	-	-
M Cartography, joint degree		b	ENG	16 (>90%)	25 (>90%)
M Geographical Information Management and Applications (UU, TUD, UT, WUR), joint degree (UT/ITC perspective)	60732	b	ENG	40 (ca 10-30%)	36 (ca 10-30%)
Universiteit Utrecht					
M Earth Sciences Earth, Life and Climate Earth, Structure and Dynamics Earth, Surface and Water Marine Sciences	66986	b	ENG	147 (31%)	136 (26%)
M Sustainable Development	60810	b/g	ENG	121 (59%)	107 (39%)
M Water Management for Climate Adaptation [was: Water Science and Management]	60810	b	ENG	33 (42%)	34 (42%)
M Energy Science	60967	b	ENG	43 (14%)	29 (38%)
M Sustainable Business and Innovation	60709	b	ENG	62 (26%)	76 (29%)
M Innovation Sciences			ENG		
Wageningen University and Research					
M Environmental Sciences	60810		ENG	145 (75%)	196 (62%)
M Urban Environmental Management	60110		ENG	43 (49%)	60 (42%)
M International Land and Water Management	60104		ENG	42 (24%)	53 (21%)
M Climate Studies	60107		ENG	32 (28%)	56 (39%)
M Earth and Environment	60100		ENG	56 (27%)	60 (18%)
M Geomatics, TUD, UU, ITC ²	66954	b	ENG	30 (43%)	34 (50%)
M Geographical Information Management and Applications (UU, TUD, UT, WUR)	60732	b	ENG	36 (14%)	36 (22%)

2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024	2024-2025	2025-2026
94 (100%)	74 (100%)	106 (100%)	77 (99%)	71 (100%)	60 (100%)
19 (47%)	12 (75%)	13 (69%)	14 (50%)	12 (75%)	15 (53%)
-	-	-	-	-	17(29%)
29 (>90%)	20 (>90%)	20 (>90%)	28 (>90%)	28 (>90%)	31 (>90%)
35 (ca 10-30%)	43 (ca 10-30%)	28 (ca 10-30%)	42 (ca 10-30%)	46 (ca 10-30%)	44 (ca 10-30%)
161	137	141	195	187 (16%)	191
45	31	30	42	36	51
28	29	28	41	34	50
49	45	51	58	55	47
39	32	32	54	62	43
142	125	106	82	80 (32%)	66
18	13	16	2	21 (38%)	15
72	39	43	65	62 (21%)	63
83	98	70	79	73 (30%)	54
37	40	24	34	23	17
.. (54%)	.. (62%)	.. (68%)	..(66%)	.. (61%)	.. (50%)
70 (29%)	61 (36%)	50 (38%)	43 (49%)	50 (48%)	41 (59%)
48 (15%)	49 (31%)	32 (38%)	43 (26%)	53 (15%)	40 (15%)
67 (24%)	80 (44%)	48 (35%)	44 (41%)	50 (52%)	37 (35%)
58 (17%)	45 (22%)	45 (24%)	59 (24%)	61 (21%)	31 (26%)
38 (58%)	66 (24%)	60 (40%)	63 (33%)	70 (27%) (53/47 m/v)	51 (35%)
				78 (24%) (60/40 m/v)	

Bijlage 4. Academische AMW-staf aan Nederlandse universiteiten

Cijfers 2026 = peildatum 1 januari 2026

Phd en PD 2026 = ook peildatum 1 januari 2026, niet gemiddelde over 5 jaar

Nationaal

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	% Vrouw
Vaste academische staf HGL, UHD, UD, docenten	645	550	28
Tenure Track	63	57	40
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	61	56	21
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	285	243	42
PhD (gemiddeld over 5 jaar)**	1151	1074	45
Totaal	2204	1979	39

* Geldstromen (GS) deels niet gespecificeerd tot 1e, 2e of 3e geldstroom

** Zowel werknemers als bursalen; bursalen niet in GS

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	% Vrouw
Vaste academische staf HGL, UHD, UD, docenten	757	671	34
Tenure Track	58	57.5	22
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	14	27.3	11
Post-docs	300	270	46
PhD	1174	1143	48
Totaal	2298	2146	44

Per universiteit

Universiteit van Amsterdam, Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica

Meegenomen departementen/afdelingen: Ecosystem & Landscape Dynamics (ELD), Evolutionary & Population Biology (EPB), Freshwater and Marine Ecology (FAME), Theoretical & Computational Ecology (TCE)

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	41.0	35.7	26.5	9.2	91%	1%	8%
Tenure Track	6.0	6.0	1.0	5.0	100%		
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	2.0	2.0	2.0		59%		41%
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	23.0	19.5	9.0	10.5	19%	48%	33%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	34.0	32.2	13.8	18.4	23%	36%	41%
Totaal	106.0	95.4	52.3	43.1			

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	49	45,6	23,3	22,3	90%	9%	1%
Tenure Track	3	3	1	2	74%	25%	1%
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	0	0	0	0	0%	0%	0%
Post-docs	24	20,9	10,1	10,8	22%	39%	39%
PhD	33	30,7	10,4	20,3	30%	46%	24%
Totaal WP	109	100,19	44,79	55,4			

Vrije Universiteit Amsterdam

Meegenomen departementen/afdelingen: Aardwetenschappen, Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM), Milieu en Gezondheid

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD*	50.0	51.0	36.5	14.5	79%	7%	14%
Tenure Track	15.0	12.3	9.0	3.3	98%		2%
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	14.5	19.8	15.4	4.4	83%	3%	14%
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	31.6	39.0	18.3	20.7	18%	40%	42%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	76.0	63.4	31.9	31.5	8%	51%	41%
Totaal	187.1	185.5	111.1	74.4			

* Waarvan 4 docenten, 4 fte (geen onderzoek)

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD*	91.0	84.0	51.4	32.7	89%	3%	8%
Tenure Track	4.0	4.0	1	3.0	94%	0%	6%
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	1.0	0.8	0.8	0.0	100%	0%	0%
Post-docs	54.0	51.65	23.2	28.4	25%	28%	47%
PhD	93.0	91.5	54.5	37.0	22%	26%	53%
Totaal WP	243.0	232.0	130.9	101.1			

* Waarvan 7 docenten, 6.3 fte

TU Delft

Meegenomen departementen/afdelingen: Water Management, Geoscience and Remote Sensing, Hydraulic Engineering/oceanography, Geoscience and Engineering

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	62.0	53.7	43.0	10.7	93%	2%	6%
Tenure Track	14.0	13.5	10.0	3.5	68%	18%	14%
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	9.0	7.5	4.4	3.0	44%	4%	53%
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	37.0	34.5	27.5	7.0	7%	44%	48%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	79.0	77.4	48.0	29.4	13%	51%	37%
Totaal	201.0	186.6	132.9	53.6			

TU Eindhoven

Meegenomen departementen/afdelingen: Applied Physics, Electrical Engineering, Industrial Engineering and Innovation Science

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	21.0	13.0	8.0	5.0	100%		
Tenure Track							
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)							
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	1.0	0.5		0.5		100%	
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	17.0	17.0	13.0	4.0	6%	35%	59%
Totaal	39.0	30.5	21.0	9.5			

Universiteit Groningen

Meegenomen departementen/afdelingen: Energy and Sustainability Research Institute Groningen (ESRIG), Integrated Research on Energy, Environment and Society (IREEES), Ocean Ecosystems (OE), Geo-Energy (GE)

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	8.0	5.7	3.3	2.4	100%		
Tenure Track					100%		
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	2.0	1.7	1.7		67%		33%
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	5.0	4.3	2.6	1.7	35%	35%	30%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)*	40.0	40.0	26.0	14.0	5%	8%	15%
Totaal	55.0	51.7	33.6	18.1			

* Financiering dominant van andere bronnen

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	12	11.4	10.4	1.0	100%		
Tenure Track	6	6.0	5.0	1.0	100%		
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	0						
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	9	7.8	4.1	3.7	39%	16%	46%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	88	87.8	47.0	40.8	26%	7%	19%
Totaal WP	115	113.0	66.5	46.5			

Universiteit Leiden, Institute of Environmental Sciences (CML)

Meeegenomen departementen/afdelingen: Environmental, Biology, Industrial Ecology

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	22.0	20.7	15.1	5.6	77%	8%	15%
Tenure Track	4.0	4.0	3.0	1.0	64%	20%	16%
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	2.0	1.6	1.6		66%		34%
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	13.0	8.4	4.0	4.4	20%	21%	59%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	52.0	46.7	29.0	17.7	12%	24%	64%
Totaal	93.0	81.4	52.7	28.7			

* CML is sterk gegroeid in aantal staf en promovendi de afgelopen 5 jaar. In 2020 waren er 75 à 80 promovendi.

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	41	38,5	26,9	11,6	70%	10%	19%
Tenure Track	0	0	0	0	-	-	-
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	3	1,8	1,8	0	34%		66%
Post-docs	17	15,8	8,9	6,8	9%	19%	72%
PhD	71	67,7	35,9	31,7	33%	27%	40%
Totaal WP	132	123,8	73,6	50,2			

Universiteit Maastricht

Meegenomen departement/afdelingen: Faculty of science and engineering

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Universiteit Maastricht was in sectorbeeld 2020 niet opgenomen.

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	13	10.5	6.5	4	93	0	7
Tenure Track	0	0	0	0	0	0	0
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	0	0	0	0	0	0	0
Post-docs	3	2.8	0	2.8	71	29	0
PhD	6	6	1	5	17	50	3
Totaal WP	24	21.3	7.5	11.8			

Radboud Universiteit Nijmegen

Meegenomen departementen/afdelingen: Department Environmental Science (bèta)

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	7.0	6.6	3.8	2.8	100%		
Tenure Track	2.0	1.8	1.0	0.8	100%		
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	1.0	1.0	1.0		50%	50%	
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	6.0	6.0	3.0	3.0		30%	70%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	20.0	20.0	10.0	10.0		30%	70%
Totaal	36.0	35.4	18.8	16.6			

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	17	13,41	8,41	5	87%	5%	8%
Tenure Track	-	-	-	-	-	-	-
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	1	1	1		70%		30%
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	16	16	8	8	19%	25%	56%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	29	28	12	17	36%	14%	50%
Totaal WP	63	58,41	29,41	30			

Universiteit Twente

Meegenomen departementen/afdelingen: Faculteit Geo-Informatie Wetenschappen en Aardobservatie (ITC) (niet inbegrepen UCT/ATLAS), en groep Multidisciplinary Water Management (ET)

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD*	114.0	101.3	75.0	26.3	100%		
Tenure Track	13.0	10.9	5.5	5.4	100%		
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	11.0	4.9	4.7	0.25	58%	36%	6%
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)**	16.8	12.7	8.0	4.8	63%	37%	
PhD (gemiddeld over 5 jaar)***	170.6	141.8	86.2	55.6	13%	5%	5%
Totaal	325.4	271.6	179.3	92.3			

* Waarvan 26 docenten, 23.19 fte (geen onderzoek)

** Geldstromen gebaseerd op huidige cijfers

*** Geldstromen deels niet gespecificeerd

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD*	119	111.1	74.1	37.0	100%		
Tenure Track (valt onder vaste staf)							
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	6	5.3	4.3	1.0	81%		19%
Post-docs	23	19.0	11.7	7.3	23%	15%	62%
PhD **	169	154.3	87.7	65.7	14%	11%	10%
Totaal WP	316	289.7	177.9	111.0			

* Waarvan 18 docenten, 15.86 fte (geen onderzoek)

** Geldstromen niet gespecificeerd voor NOP-personeel (64%)

Universiteit Utrecht

Meegenomen departementen/afdelingen: Aardwetenschappen, Fysische Geografie, en deel Sustainable Development

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	117.0	101.2	73.0	28.2	87%	7%	6%
Tenure Track	9.0	8.4	4.8	3.6	100%		
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)	19.0	17.0	13.0	4.0			100%
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	75.4	60.4	41.6	18.8	15%	34%	51%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	128.4	118.4	64.5	54.0	2%	54%	44%
Totaal	348.8	305.4	196.9	108.6			

2026 (peildatum 1 januari 2026)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD		129,11	84,11	45			
Tenure Track		31	28	3			
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)							
Post-docs		57,41	31,27	26,14			
PhD *		185,15	86,06	99,09			
Overig WP tijdelijk		15,6	7,8	7,8			
Totaal WP		390,3	209,27	181,03			

* VSNU categorie A promovendi in dienst

Wageningen University and Research

Meegenomen departementen/afdelingen: Natuurwetenschappelijke leerstoelgroepen AMW-WUR, Leerstoelgroepen AMW-WUR (nadruk gamma), Technologische leerstoelgroepen AMW-WUR

2020 (bron sectorbeeld AMW 2020)

Wetenschappelijk personeel	Personen	FTE	Man	Vrouw	% 1e GS	% 2e GS	% 3e GS
Vaste staf HGL, UHD, UD	203.0	160.8	110.2	50.6	20%	25%	55%
Tenure Track							
Vaste Onderzoekers (geen onderwijs)							
Post-docs (gemiddeld over 5 jaar)	76.0	57.2	27.4	29.8	20%	25%	55%
PhD (gemiddeld over 5 jaar)	534.0	517.2	267.0	250.2	20%	25%	55%
Totaal	813.0	735.2	404.6	330.6			

Bijlage 5. Samenwerking met HBO

Deze bijlage geeft een overzicht van de hogescholen die voor de AMW-sector relevant zijn vanwege de aangeboden thema's:

HBO	Thema	Applied geo-information science	Management leefomgeving	Milieukunde	Bos- en natuurbeheer	Duurzame gebiedstransities	Leefomgeving management	Landschapsinrichting	Kust- en zeemanagement	Land- en watermanagement	Aarde en klimaat	Agribusiness, agrotechniek	Geo media & design	Civiele techniek	Ruimtelijke ontwikkeling (klimaat)	Data science & AI	Built environment	ICT, Informatica	Applied science	Ocean technology	Archeologie
HAS green academy		x	x	x																	
Van Hall Larenstein University of Applied Sciences				x	x	x	x	x	x	x											
Aeres Hogeschool											x	x	x								
Avans Hogeschool														x	x			x			
Breda University of Applied Sciences																x	x				
De Haagse Hogeschool														x	x	x		x			
Fontys																		x	x		
HAN University of Applied Sciences																		x			
Hanzehogeschool Groningen																x	x	x			
Hogeschool Inholland								x				x		x		x		x			
Hogeschool Leiden																		x			
Hogeschool Rotterdam														x	x	x		x			
Hogeschool Utrecht																	x	x			
Hogeschool van Amsterdam																	x	x			
HZ University of Applied Sciences										x				x				x			
NHL Stenden Hogeschool														x	x			x		x	
Saxion														x	x			x			x
Windesheim														x	x			x			
Zuyd Hogeschool																	x		x		

