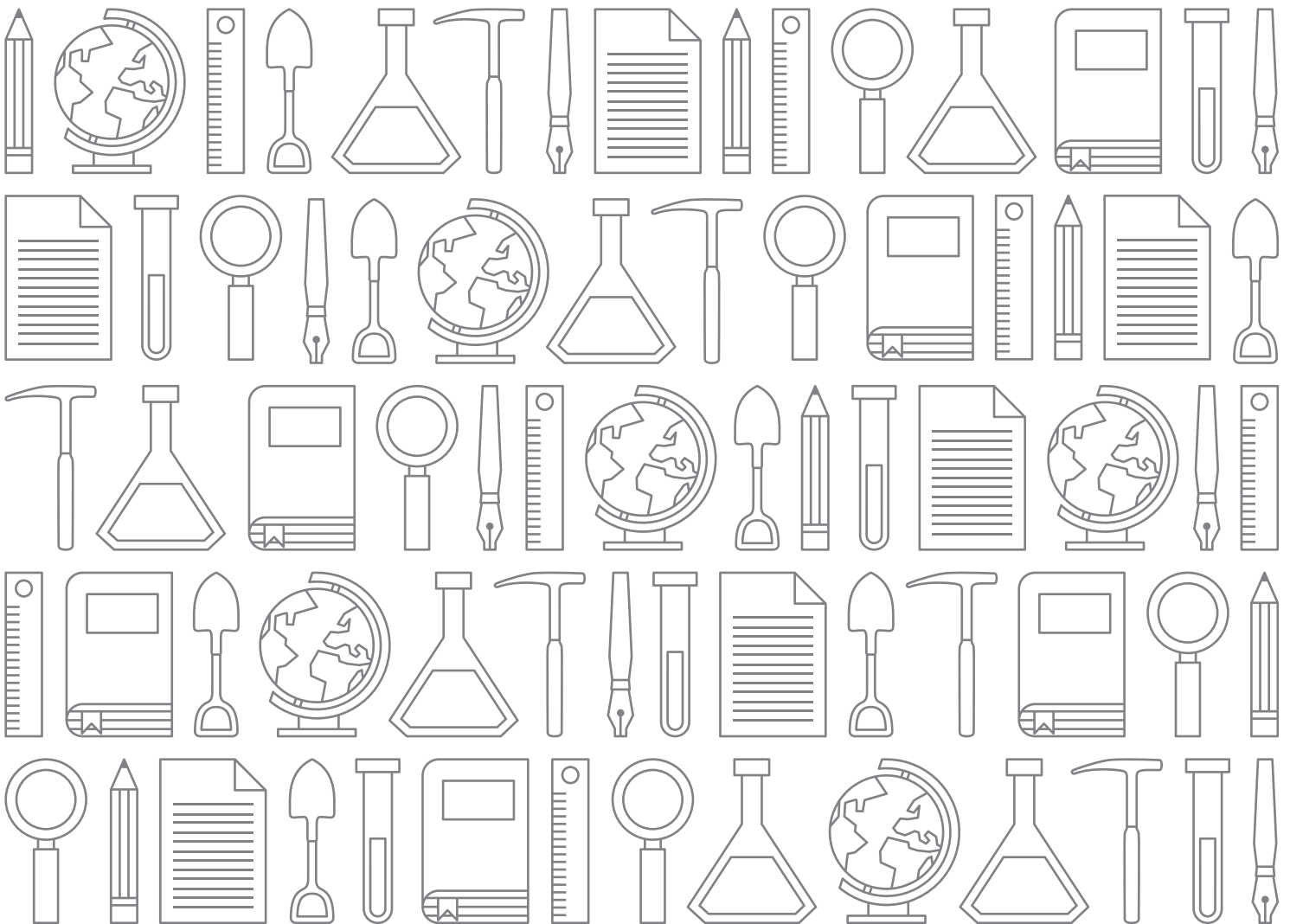
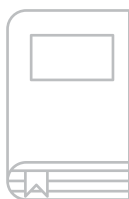


AARDWETENSCHAPPEN | VOOR DE 21^{STE} EEUW |





Van Aardwarmte tot Zandmotor: Aardwetenschappen in de maatschappij

Aardwetenschappers ontrafelen het functioneren van de aarde in al haar complexiteit: ze bestuderen de diepe aarde, de

ondergrond, bodems, rivieren en oceanen, de atmosfeer. De interacties tussen deze domeinen, en de processen die zich daar in afspelen vinden plaats op zeer variabele schalen in ruimte en tijd. De bestudering van het Systeem Aarde vraagt daarom om een systeem georiënteerde aanpak die excellent en hoogwaardig onderzoek uit alle aardwetenschappelijke disciplines met elkaar integreert.

Deze fundamentele aardwetenschappelijke kennis is ook onontbeerlijk voor onze maatschappij, bijvoorbeeld bij het opsporen en winnen van delfstoffen (olie, gas, minerale grondstoffen), bij waterwinning, of bij het gebruik van aardwarmte. In toenemende mate staan ook de gevolgen van klimaatverandering op de agenda: hoe moeten we omgaan met de risico's van overstromingen en droogte, of met de voorziene zeespiegelstijging?

De aardwetenschappen hebben een sterke traditie aan de Nederlandse universiteiten, met de eerste hoogleraar benoeming al in de 19^{de} eeuw. Het is bij uitstek een multidisciplinaire wetenschap waarin de biologische, chemische en fysische processen van de aarde samen worden bestudeerd en waarin begrip van ruimte en tijdschalen een prominente rol speelt.

De Europese Unie heeft in haar kaderprogramma voor onderzoek en ontwikkeling 2014-2020 "Horizon 2020" zeven *Grand Societal Challenges* benoemd¹. In vrijwel elke van deze uitdagingen speelt aardwetenschappelijke kennis een rol. Ook in de recent gepubliceerde Nationale Wetenschapsagenda (NWA) wordt het maatschappelijk belang van de Aardwetenschappen nog eens prominent onderstreept. Het thema Mens, Milieu en Economie, één van de vier hoofdthema's van de NWA, omvat vele vragen die samenhangen met onze fysieke omgeving, het klimaat en de behoefte aan een duurzaam gebruik van grondstoffen. Ook in de gesignaleerde exemplarische routes – een deelverzameling van samenhangende vragen rond een complex thema – komt de kwaliteit van onze leefomgeving nadrukkelijk aan de orde. Dit betreft de route "Kwaliteit van de omgeving: de waarden van natuur, landschap, bodem, klimaat, water en milieu". Maar de Aardwetenschappen zullen ook een belangrijke bijdrage kunnen leveren aan de route "De oorsprong van het leven – op aarde en in het heelal", zeker daar waar het gaat om de vragen "hoe is leven ontstaan" en "hoe werkt de evolutie".

De EU Societal Challenges en de vragen uit de NWA komen ook terug in de vier thema's van het KNAW rapport *Agenda 2020 - visie op het Aardwetenschappelijke Wetenschapsveld*: schaarste aan grondstoffen, duurzame energie, klimaat en water, en natuurrampen. De maatschappij realiseert zich in toenemende mate hoe afhankelijk we zijn van wat de aarde ons levert. We worden

week in, week uit geconfronteerd met aardwetenschappelijke processen met grote maatschappelijke gevolgen, en de aardwetenschappen zijn dan ook prominent zichtbaar in Nederlandse media. Dit bewustzijn genereert ook een nieuwe generatie studenten, getuige de grote toename van studentenaantallen in het laatste decennium.

Deze centrale rol voor aardwetenschappen in maatschappelijk relevant onderzoek heeft geleid tot nieuwe onderzoeksvelden op de grenzen van de klassieke aardwetenschappen, en universitaire opleidingen waarin aardwetenschappen worden gelinkt aan andere disciplines zoals economie, milieu, civiele techniek, of governance. Fundamentele kennis uit de aardwetenschappen wordt zo gemobiliseerd voor en door aanpalende vakgebieden om de maatschappelijke uitdagingen te adresseren.



Nationale organisatie van het veld en kennisvalorisatie

Aardwetenschappelijk onderzoek vindt de facto plaats aan de meeste universiteiten. De UU en VU verzorgen een brede basisopleiding aardwetenschappen, en de TUD heeft een opleiding technische

aardwetenschappen. De overige universiteiten bieden veelal aardwetenschappelijke kennis aan in de bredere context van milieu- en levenswetenschappen (UvA, WUR, RUN), energiewetenschappen (RUG, UU), astronomie en paleoantropologie (LU) of remote sensing (UTwente, TUD). Daarnaast zijn er vele onderzoeksinstellingen met gespecialiseerde missies: zee- en kustonderzoek bij het NIOZ; seismologie, weer- en klimaatonderzoek bij het KNMI; databeheer en karakterisatie van de Nederlandse ondergrond en geo-energie onderzoek bij TNO (tevens de Geologische Dienst van Nederland); toegepast (grond)water onderzoek en onderzoek naar ontwikkeling van de Delta bij Deltares; bodemonderzoek bij Alterra.

Het onderzoek in Nederland is van zeer hoge kwaliteit en internationaal toonaangevend. Dit blijkt onder andere uit onderzoeksvisitaties, discipline-specifieke internationale ranglijsten, lidmaatschappen van de (jonge) Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen en uit de vele internationale prijzen en prestigieuze onderzoekbeurzen toegekend aan aardwetenschappers van Nederlandse bodem.

Het universitaire onderzoek is complementair met een duidelijke verdeling van expertises. Er wordt intensief samengewerkt tussen de diverse instellingen en men neemt geregeld gezamenlijk deel aan internationale programma's. Nationale onderzoekscholen en instituten zoals ISES, NSG, VMMSG, Boussinesq, SENSE, NCK, NCR, Darwin Centrum en NESSC zijn voorbeelden van hoe aardwetenschappers door interne en externe samenwerking gezamenlijk de benodigde kritische massa hebben gegenereerd om internationaal leidend te zijn.

¹ 1: Health, demographic change and wellbeing, 2: Food Security, Sustainable Agriculture and Forestry, Marine, Maritime and Inland Water Research and the Bio-economy, 3: Secure, Clean and Efficient Energy, 4: Smart, Green and Integrated Transport, 5: Climate Action, Environment, Resource Efficiency and Raw Materials, 6: Europe in a changing world - Inclusive, innovative and reflective societies, 7. Secure societies – Protecting freedom and security of Europe and its citizens

De taakverdeling tussen enerzijds de universiteiten en academische instituten zoals NIOZ en anderzijds de instellingen voor toegepast onderzoek zoals TNO en Deltares is ook helder en er zijn zeer goede relaties en vele productieve dwarsverbanden. Diverse onderzoekers van TNO, Deltares en NIOZ hebben deeltijdaanstellingen of detacheringen bij de universiteiten, werken nauw samen met deze instellingen in het kader van grote nationale en internationale onderzoeksprogramma's en zijn samen betrokken bij het begeleiden en realiseren van vele promoties. Studenten verrichten stages bij deze instellingen. De instellingen nemen bovendien veel aardwetenschappelijke afgestudeerden en gepromoveerden in dienst. Dit laatste zorgt voor een natuurlijk transfer van kennis tussen onderzoek en praktijk, een al decennia goed georganiseerd valorisatiemechanisme. Veel projecten met NWO-STW financiering hebben daarnaast gebruikerscommissies voor direct resultaatgerichte interactie tussen wetenschap en maatschappij. Afgestudeerde aardwetenschappers werken bij bedrijven, overheden en instellingen. Een deel doet onderzoek bij universiteiten en fundamentele en toegepaste instituten zoals hierboven gemeld. Bedrijven actief in de bodem, water- en milieusector en in de energie- en grondstoffenwinning vragen veelal om pur-sang aardwetenschappers met een gedegen bèta- en veldachtergrond. Overheden en adviesbureaus zijn meer geïnteresseerd in aardwetenschappers die systeem-gericht denken en interdisciplinair werkzaam zijn. Deze diversiteit van afnemers wordt goed bediend door de verschillende opleidingen in Nederland die variëren van bèta (UU, VU) en bèta-technisch (TUD, UTwente) tot bèta-gamma (UvA, WUR, UU, RUG, UTwente).



Nieuwe uitdagingen: open toegang tot onderwijs, wetenschap, faciliteiten en data

Het toegenomen belang van aardwetenschappelijke kennis in de maatschappij en nieuwe technologische mogelijkheden vragen om verdere versterking van de aardwetenschappen in Nederland op vier gebieden.

Verbindingen tussen aardwetenschappen en maatschappij

Aardwetenschappelijk onderzoek komt vaker in het nieuws dan voorheen vanwege water schaarste of juist overstromingen, kustafslag, verandering in het klimaat, tsunami's, problemen rond olie/gaswinning (schaliegas, bevingen door gasextracties). Bij de Nederlandse instellingen werken internationaal gerenommeerde topspecialisten op veel van deze onderwerpen. Dit vraagt echter coördinatie en bruggen bouwen: waar kan de burger, de journalist, het bedrijf of de instelling terecht voor informatie en kennis? Hoe moeten aardwetenschappers omgaan met de kennisvragen? En hoe kunnen,

omgekeerd, aardwetenschappers bijdragen aan de vraagarticulatie vanuit de samenleving en aan interactieve kennisontwikkeling?

De wetenschapsvisie 2025 en de daaruit voortgekomen Wetenschapsagenda laten ons zien dat Europa de maatschappij relatief weinig laat bijdragen aan de ontwikkeling van wetenschap, terwijl de maatschappij (inclusief het bedrijfsleven) wél gebruik maakt van de ontwikkelde kennis. Binnen Europa is Nederland één van de landen die hierbinnen onderaan staan. Dat geldt zeker ook voor de Aardwetenschappen. Voor de financiering van het Aardwetenschappelijk Onderzoek, maar zeker ook voor de afstemming met de behoeftes in maatschappij, zal meer 'Science & Society' nodig zijn.

Versterking complementariteit in onderzoek en onderwijs tussen aardwetenschappelijke instellingen

Dit is nodig om de aantrekkelijkheid voor studenten en onderzoekers uit binnen- en buitenland te bewaken en in stand te houden. Hierbij moet de balans worden gevonden tussen de autonomie van universiteiten bij het vormgeven van opleidingen en het aanstellen van onderzoekers, en het belang van zowel de onderzoeksweld als het bedrijfsleven en afnemend veld. Obstakels die het studenten bemoeilijken om vanuit een ander vakgebied in een aardwetenschappelijke opleiding in te stromen, of delen van de opleiding aan een andere instelling te volgen, moeten uit de weg worden geruimd. Voorkomen moet worden dat voor het Nederlandse bedrijfsleven belangrijke onderzoeksgebieden geheel verdwijnen. Er is behoefte aan een platform waar dergelijke afstemming op basis van goed inhoudelijk overleg plaats kan vinden.

Efficiënter gezamenlijk gebruik van bestaande faciliteiten, en gezamenlijke agendering van nieuwe infrastructuur

Er is al een goede taakverdeling in aardwetenschappelijk onderwijs en onderzoek en in deelgebieden wordt er al veelvuldig gezamenlijk van infrastructuur gebruik gemaakt. Voorbeelden zijn diverse nationale faciliteiten zoals onderzoeks-schepen en analytische apparatuur. Aan de ene kant wordt nieuwe apparatuur die nodig is om de nieuwe maatschappelijke vragen te beantwoorden en om internationaal competitief te blijven steeds duurder in aanschaf en vraagt daardoor steeds meer een minimale kritische massa om deze structureel operationeel te houden. Aan de andere kant voorziet de wetenschapsfinanciering met beurzen niet of beperkt in kostendekkende toegang tot deze faciliteiten. Het is van levensbelang voor het veld om wederzijds gebruik te stimuleren en coördineren, maar ook om het structureel operationeel houden te faciliteren. Goede voorbeelden van een efficiënte exploitatie-organisatie zijn de toegang tot faciliteiten voor high-performance computing en voor radioastronomie. Er is voldoende ervaring in Europees verband om de coördinatie door het veld zelf te laten organiseren volgens wetenschappelijke kwaliteitscriteria.

Toegang tot data en aardwetenschappelijke onderzoeksresultaten (open science)

Er is een behoefte aan een gestructureerde toegang tot aardwetenschappelijke data, voor transparantie, betrouwbaarheid en efficiëntie van besteding van publieke middelen. Een deel van de aardwetenschappelijke data wordt al internationaal gearhiveerd (bijv. remote sensing, seismologie, met een coördinerende rol van KNMI in Europa, oceaan- en atmosfeeronderzoek), en Nederland loopt wereldwijd voorop in het nationale beheer van publieke gegevens en informatie, inclusief 3D modellen, van de ondergrond. Maar voor (big) data uit nieuwe sensoren of satellieten, academische modellen alsook wetenschappelijke resultaten uit experimenten is er grote behoefte aan opslag, uitwisselbaarheid en afstemming.

Beter positioneren van het aardwetenschappelijk onderzoeksveld: Nederland als Natuurlijk Observatorium NL

Nederland is relatief klein, heeft een relatief eenvoudige en homogene geologische opbouw, en is, zowel door de intensieve zoektocht naar olie en gas als door het intensieve gebruik van de ondiepe ondergrond, een van de dichtst bemeten en best gekende gebieden ter wereld. Dit biedt een kans om het Nederlandse grondgebied te positioneren als Natuurlijk Observatorium NL voor Geowetenschappen. Het gaat daarbij niet om een onderzoeksprogramma of – project, maar om een positionering van Observatorium NL als hoogwaardige onderzoeksinfrastructuur – vergelijkbaar met faciliteiten zoals het CERN of de Hubble telescoop – waarmee internationaal hoogwaardig en multidisciplinair onderzoek, zowel van fundamentele als toegepaste aard, kan worden gedaan. Een dergelijke positionering biedt de kans om (maatschappelijke) zichtbaarheid te geven aan de Nederlandse Aardwetenschappen.



Realisatie

We stellen voor om een netwerkorganisatie te starten (AardNed): een bottom-up gedreven netwerk met een coördinerende, brugvormende en faciliterende functie in het aardwetenschappelijk onderzoeksveld in Nederland. Doelen van het platform zijn:

- Stimulering en kennisverspreiding op aardwetenschappelijk terrein. Dit betreft niet alleen burgers en journalisten, maar ook bedrijven en instellingen. Dit nationaal platform fungeert dan als valide ‘zoekmachine’ tussen kenniszoekers en de wetenschappers [doelstelling 2 en 5 van het uitvoeringsplan Agenda 2020].
- Het beïnvloeden van nationale en internationale onderzoeksagenda’s om urgente aardwetenschappelijke vragen te kunnen gaan adresseren [doelstelling 1 van het uitvoeringsplan Agenda 2020].
- Faciliteren van afstemming tussen aardwetenschappelijke opleidingen en onderzoeksgroepen met betrekking tot inrichting van het onderzoek en onderwijs aan de universiteiten, en het faciliteren van de doorstroom van studenten [doelstelling 2, 3 en 4 van het uitvoeringsplan Agenda 2020].
- Landelijke coördinatie en facilitering van gebruik van onderzoeksfaciliteiten bij andere instellingen. Er zijn grootschalige voorzieningen die intensiever gebruikt kunnen worden als er fondsen specifiek voor operationeel houden van deze faciliteiten beschikbaar worden gesteld [doelstelling 6 van het uitvoeringsplan Agenda 2020].
- Het faciliteren en stimuleren van duurzame toegang tot aardwetenschappelijke data, gebaseerd op het FAIR² data stewardship principe (Findable, Accessible, Interoperable en Re-usable). Data, veelal met publieke middelen vergaard, zouden zoveel mogelijk vrij beschikbaar moeten zijn voor zowel internationale wetenschap, bedrijfsleven en andere maatschappelijke partijen. Gezien de complexiteit van de datasets vergt dit nieuwe expertise [doelstelling 6 van het uitvoeringsplan Agenda 2020].
- Stimulering van de wetenschappelijke gemeenschap en onderlinge kennisuitwisseling. Bijvoorbeeld, steun bij de organisatie van een te vernieuwen Nederlands Aardwetenschappelijk Congres, op dit moment tweejaarlijks met incidentele financiering en deelname voornamelijk beperkt tot de academische instellingen. Bijeenkomsten over de volle breedte van aardwetenschappen worden ook aantrekkelijker voor de afnemende velden. Daarbij zou in workshops kennisoverdracht gekanaliseerd kunnen worden, en zou als gestructureerde outreach in “Nieuwspoort” actualiteiten door experts kunnen worden geduid. Tenslotte leent dit congres zich ook als ontmoetingsplaats voor efficiënte coördinatie ten behoeve van experimentele faciliteiten en van uitwisseling van data. Dit vergt organisatorische inzet en stabiliteit [doelstelling 2-6 van het uitvoeringsplan Agenda 2020].
- Ontwikkelen van gebiedsbrede initiatieven, zoals de positionering van Nederland als Living Lab [doelstelling 1 van het uitvoeringsplan Agenda 2020].

Door een investering in een dergelijk aardwetenschappelijk platform/netwerk kunnen bestaande faciliteiten intensiever worden gebruikt, gegenereerde data beschikbaar worden gesteld aan een breder publiek, kan aardwetenschappelijk kennis beter worden geduid voor de maatschappij en kan de interactie tussen kennisproducent en kenniszoeker worden geïntensiveerd [doelstelling 6 van het uitvoeringsplan Agenda 2020].

² Zie <https://www.force11.org/group/fairgroup>