

# Advanced Computing

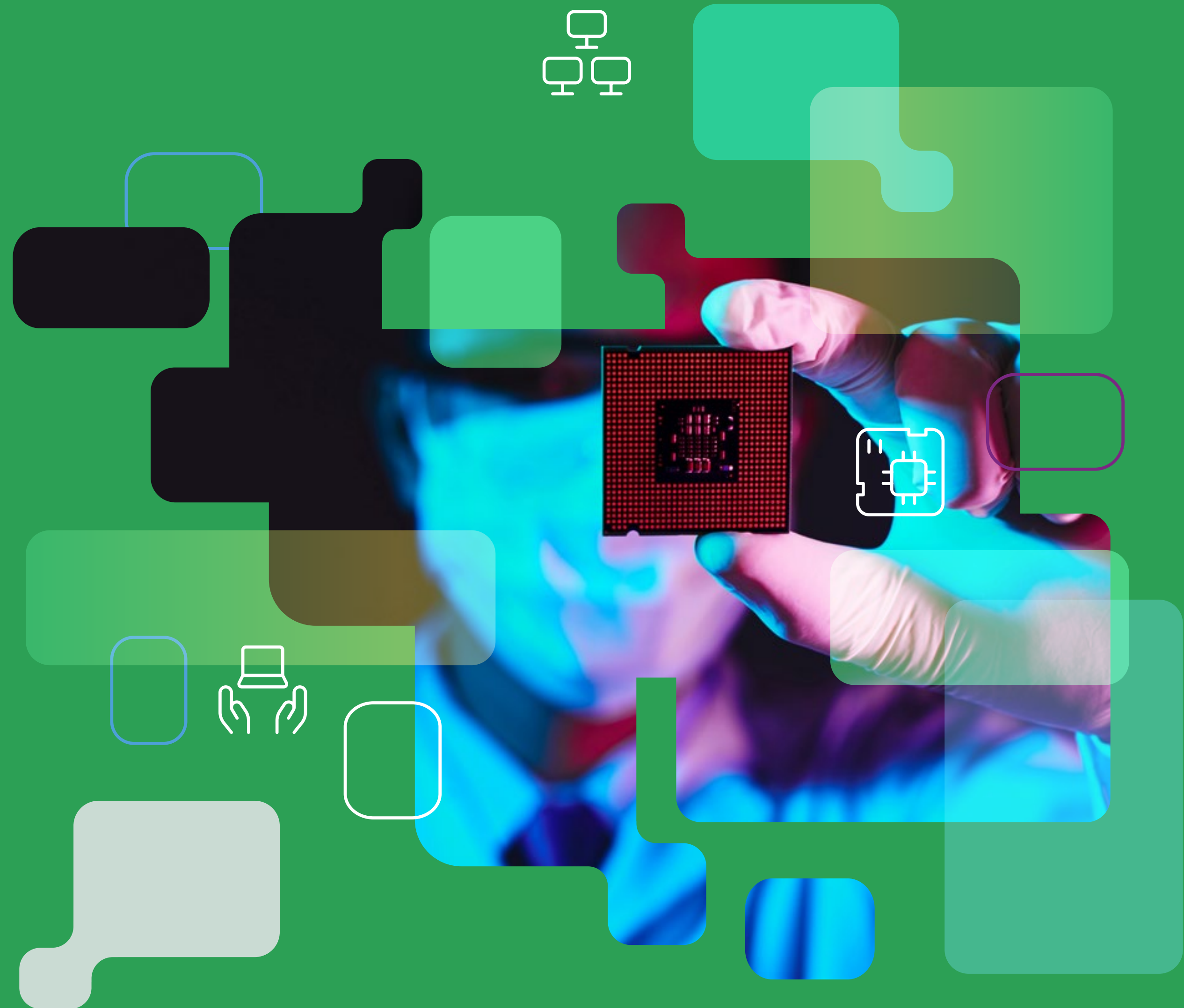
→ Computing continuüm

→ Energieduurzaamheid in digitale infrastructuren

→ De soevereiniteit in digitale infrastructuur beschermen

→ Onconventionele paradigma's voor computergebruik

→ High-end computing in hoogwaardige onderzoeksgebieden



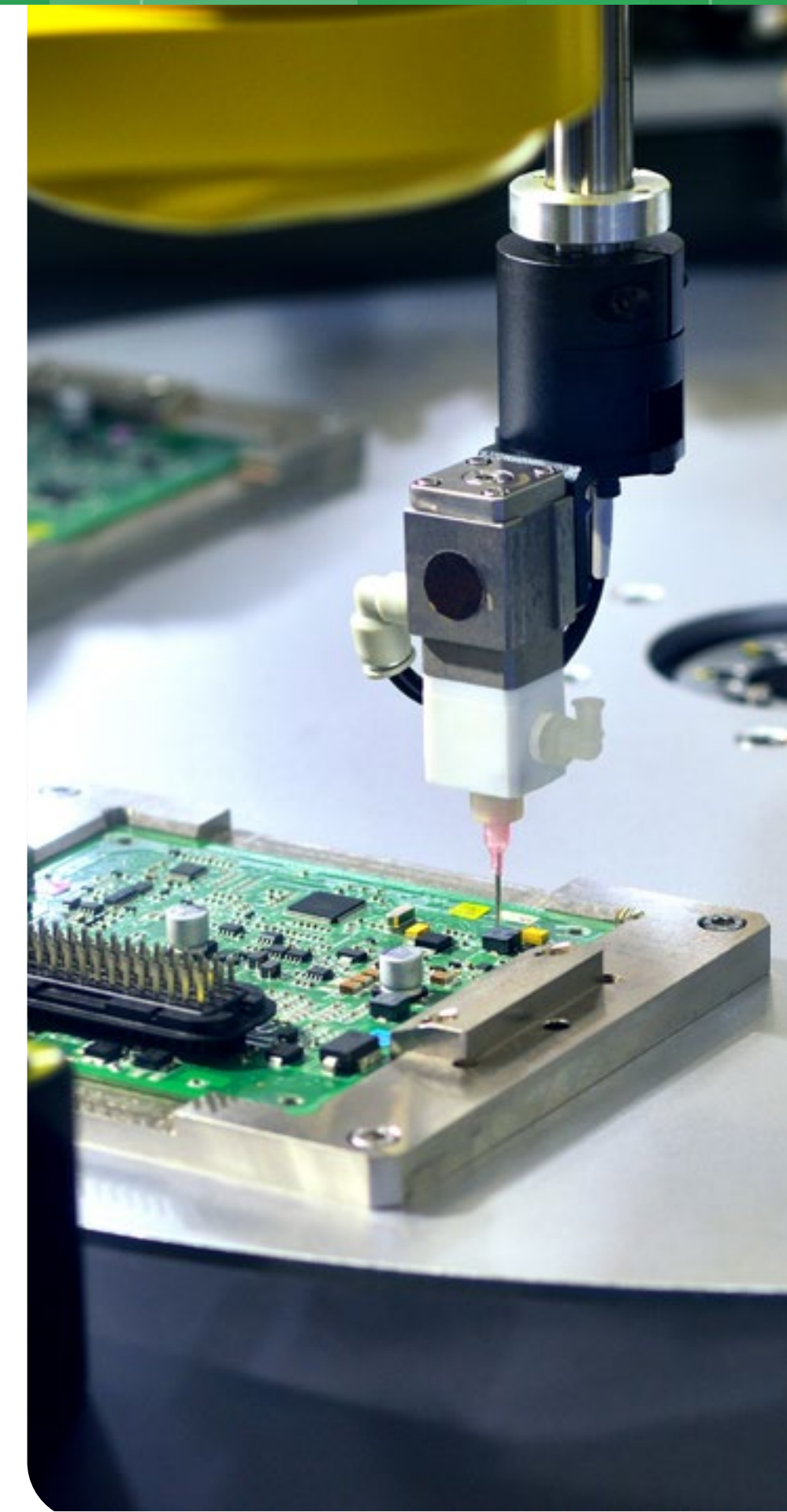
# Advanced (Research) Computing

Het oplossen van maatschappelijke problemen met digitale onderzoeksinfrastructuur op mondiale schaal vereist een unieke combinatie van computing-, opslag- en netwerktechnologieën. We kijken uit naar een toekomst vol complexe wetenschappelijke vraagstukken, een groeiende vraag naar energie en een toenemend aantal knelpunten in de toeleveringsketen van halfgeleiders, maar ook een groei in mogelijkheden die door de technologie wordt aangeboden. In de afgelopen 50 jaar werd de grootte van de transistor dankzij de wet van Moore om de paar jaar gehalveerd. Dit heeft op zijn beurt geleid tot een verdubbeling in prestaties en functionaliteit binnen hetzelfde chipgebied. Maar de grootte van de transistor zal spoedig

zijn fundamentele fysieke grenzen bereiken, waarna kan worden verwacht dat het groeitrajec zal afvlakken.

Dit zal een uitdaging vormen voor de ontwikkeling van digitale ecosystemen, waaronder technologieën voor onderzoekscomputers (zie [Manifest van CompSys NL](#)). Deze uitdagingen omvatten het aanpakken van de toenemende vraag naar energie en tegelijkertijd het verhogen van de productiviteit, het vermijden van technologisch monopolie, het beschermen van soevereiniteit en het aanmoedigen van diversificatie op het gebied van computerwetenschap, als geïllustreerd door volgende trends.

Voor de toekomst van de wetenschap en de mensheid zal digitale transformatie een centrale rol spelen. Daarom moet de verkenning ervan culturele waarden, de ontwikkeling van deskundigheid, het creëren van kennis en vooral het verkrijgen van inzicht in marktontwikkelingen omvatten. Enkele trends die hier worden vermeld, worden ook verder beschreven in andere hoofdstukken.



TREND #1

# Computing continuum

## Publieke waarden

 Autonomie

 Rechtvaardigheid Integriteit

 Menselijkheid Veiligheid

## Gereedheid

VOLG

PLAN

DOE

## Drijfveren

#Dataïsme #Globalisering  
#Koolstofvoetafdruk #Klimaatverandering  
#Energiezuinigheid #Decentralisatie

**T**oepassingen als klimaat- en aard-observaties, digitale tweelingen, de ontdekking van geneesmiddelen, eiwitvouwing, analyse van beleidsscenario's, hoge-energiefysica, enzovoorts, vereisen dat een groot aantal computertechnologieën en datainfrastructuren met elkaar samenwerken. De noodzaak voor hoge orde van grootte van gedetailleerde modellering en simulatie en ook voor het schalen van data en metadata, vereist hyper-verbonden infrastructuren die gemakkelijk toegankelijk zijn en gebruiksvriendelijk. Het vereist ook efficiënte middleware, programmeermodellen en onderzoekssoftware, wat leidt tot uitdagingen voor efficiënt gebruik.

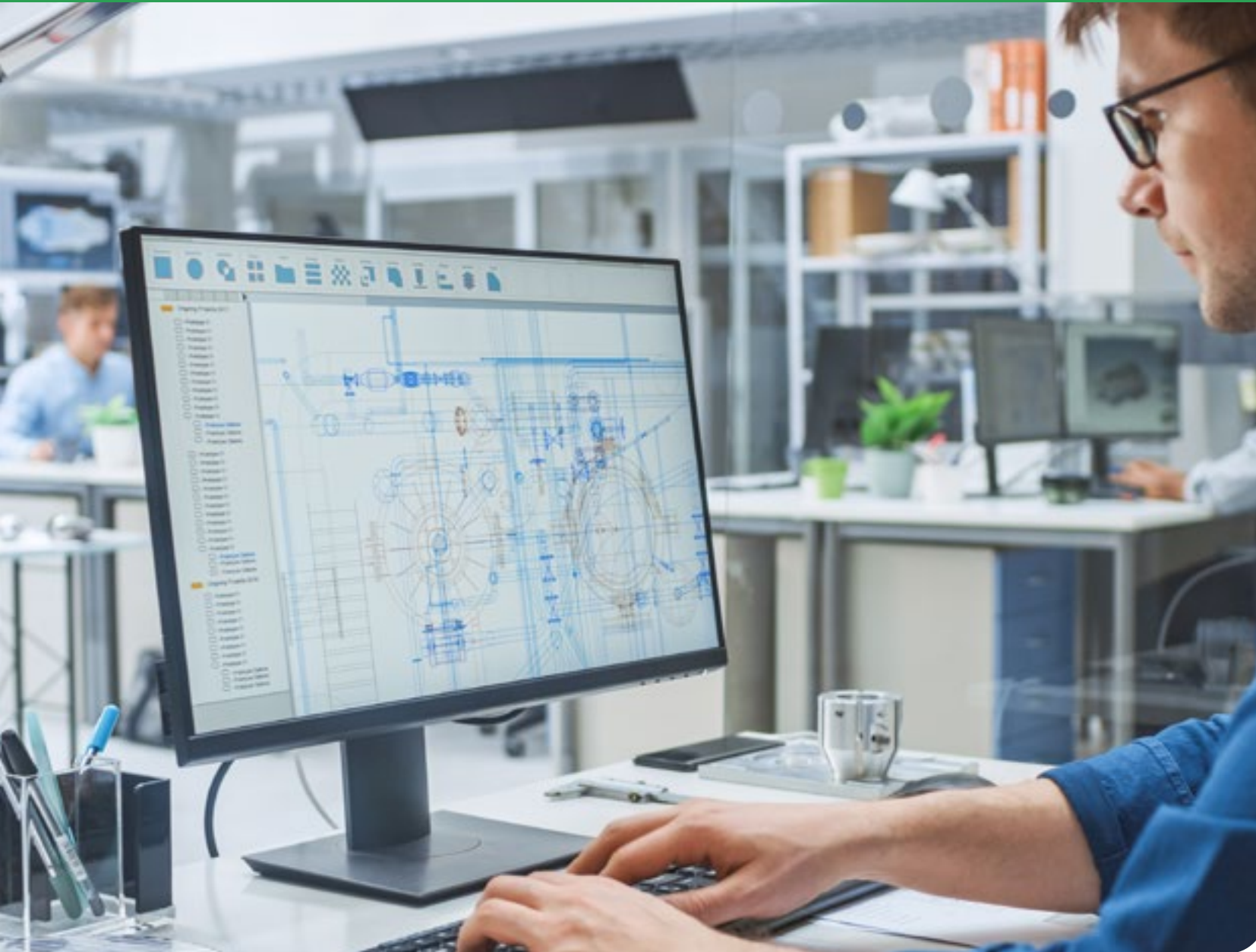
Zie ook: [Cloud-Edge Continuum](#)



## Orde van grootte: hogere resolutie

Een resolutie van 1 KM voor wereldwijde klimaatmodellering, 10 keer meer gegevensverwerking dan bijv. aardwaarnemingen.

 open voorbeeld



### Gefedereerde oplossing (Cloudcontinuüm)

Federatieve cloudgebaseerde infrastructuur voor wetenschap en onderzoek.

- [open voorbeeld](#)
- [open voorbeeld](#)
- [open voorbeeld](#)

### Realtime detectie en data-inname

(Edge / IOT / Bedrade en draadloze netwerken)

- [open voorbeeld](#)
- [open voorbeeld](#)
- [open voorbeeld](#)

### Spoedeisende computing

Rampenpreventie, risicomodellering

- [open voorbeeld](#)

### Datavisualisatie voor modellering en simulatie op extreme schaal

Noodzaak voor versnelde computing en I/O voor in-situ visualisatie, digitale twinning

- [open voorbeeld](#)

### IMPACT

Deze trend is van invloed op het gezamenlijke vermogen van de onderzoeksgemeenschap om complexe wetenschappelijke problemen aan te pakken met behulp van gedistribueerde computerecosystemen. Bovendien helpt de trend deze community om in de toekomst een breed scala aan wetenschappelijke toepassingen en werkstromen mogelijk te maken. Toekomstig onderwijs en training kunnen gebruikmaken van genetwerkte XR- of edge-computingsystemen om digitale tweelingen te begrijpen of om kunst- en cultuurprototypes voor verschillende geografische locaties te demonstreren. Het in Nederland toewerken naar een gefedereerde infrastructuur biedt onderzoekers in Nederland mogelijkheden om toegang te krijgen tot verschillende computing- en datainfrastructuren ten behoeve van onderzoek.

TREND #2

# Energieduurzaamheid in digitale infra-structuren

Publieke waarden

- Autonomie
- Rechtvaardigheid Integriteit
- Menselijkheid Persoonlijke ontwikkeling

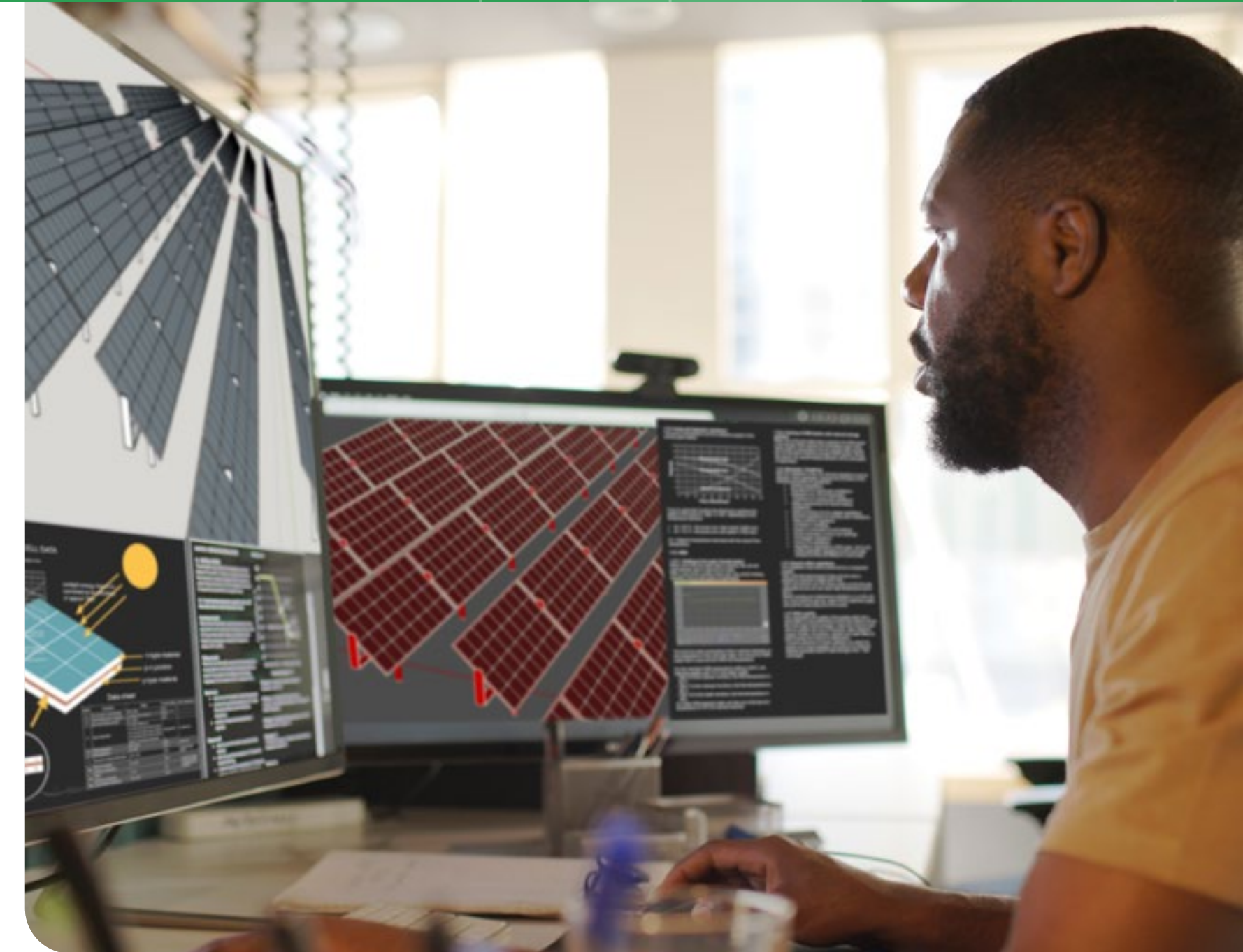
Gereedheid

- VOLG
- PLAN
- DOE

Drijfveren

- #Energiezuinigheid #Biodiversiteit
- #Klimaatverandering #Circulaire economie

**D**e sterk stijgende vraag naar advanced computing leidt ook tot een exponentiële toename in onze energievoetafdruk. We zouden ernaar moeten streven de energieverspilling te verminderen en de efficiëntie en het energiebewustzijn voor de volledige waardeketen te verbeteren, van productie tot activiteiten tot het ontmantelen van systemen, waarbij we rekening moeten houden met de computingvereisten. We moeten ook stakeholders uit de community bij deze inspanningen betrekken en de resultaten aan alle betrokkenen meedelen.



Streven naar energiezuinige systemen

Klimaatverandering, groene deal, operationele kosten, energie/koolstofboekhouding.

 open voorbeeld



## IMPACT

Door de grote hoeveelheden aan elektriciteit die digitale faciliteiten nodig hebben, zijn stijgende energiekosten en energiebudgettering

niet langer vooruitzichten in de verre toekomst. Ze belemmeren nu al verbeteringen in advanced computing-oplossingen. Advanced computing-faciliteiten moeten daarom worden gepland met energie als uitgangspunt tijdens het ontwerp. Verbeteringen in het energieverbruik zijn overal in het spectrum te vinden. Financieringsinstanties moeten prioriteit geven aan energiebewustwording, optimalisering en ontwikkeling van innoverende beleidsmaatregelen om de negatieve gevolgen voor de door de overheid gefinancierde onderzoeksinfrastructuur tot een minimum te beperken. Deze trend onderstreept ook de noodzaak voor meer betrokkenheid en interactie over energie met de gebruikerscommunity. Energie als thema voor computing zou ook deel moeten uitmaken van academische opleidingen, curricula en cursussen.

### Digitale en groene transitie trekt aan in Nederland/Europa

Rampenpreventie, risicomodellering

 open voorbeeld

 open voorbeeld

### Elektriciteitsverbruik voor computing-ruimte naar verwachting ~5-10% van het wereldwijde elektriciteitsverbruik

 open voorbeeld




 open voorbeeld

 open voorbeeld

TREND #3

# De soevereiniteit in digitale infrastructuur beschermen

Publieke waarden

-  **Autonomie** | Vrijheid van keuze | Onafhankelijkheid van onderwijs
-  **Rechtvaardigheid**
-  **Menselijkheid**

Gereedheid

- VOLG**
- PLAN**
- DOE**

Drijfveren

#Datagovernance #Europese wetgeving  
#Privacy #Decentralisatie

**G**eopolitieke spanningen, wereldwijde pandemieën, een groeiende afhankelijkheid van wereldwijde toeleveringsketens en de opkomst van particuliere cloud-leveranciers hebben regeringen gedwongen om beleid te formuleren en wettelijke kaders en wetten in te voeren om technologische soevereiniteit aan te pakken. De uitdaging bestaat uit het streven naar autonomie, effectieve investeringen van publieke middelen in onderzoek en het voorkomen van monopolisering van technologische ontwikkeling door een klein aantal bedrijven in het ecosysteem.



Meer onderzoeksuniversiteiten zetten cloudbaanbieders in voor hun computing-behoefte en -activiteiten

 open voorbeeld

 open voorbeeld

## Chips worden ontwikkeld door en zijn eigendom van Big Tech



open voorbeeld

## Verbonden digitale faciliteit



open voorbeeld

## Wet inzake geografische chips



open voorbeeld



open voorbeeld



open voorbeeld

## IMPACT

De noodzaak voor data- en infrastructuursoevereiniteit is waarschijnlijk groter dan ooit, gezien de wildgroei aan data en verwerkingstechnieken in de afgelopen jaren. De uitdagingen bij het bereiken van deze soevereiniteit zijn echter niet onbeduidend en kennen vele kanten.

Kijk ten eerste eens naar de impact van Big Tech, waarbij aanzienlijke hoeveelheden data worden geconcentreerd in de cloudopslag van deze belangrijke providers. Ten tweede bieden grote cloudleveranciers ook gebruiksvriendelijke tools aan het onderzoeksecosysteem voor het uitvoeren van data-analyse. Dit brengt echter ook risico's met zich mee met betrekking tot gegevensvertrouwelijkheid en afhankelijkheid van gegevens. Ten derde moeten we rekening houden met de kwestie van de halfgeleiderproductie, die zich nu in drie

grote bedrijven concentreert. Om deze risico's aan te pakken, kan een hybride ecosysteem op meerdere niveaus worden overwogen. In een dergelijk systeem zouden data met een hogere mate van vertrouwelijkheid worden verwerkt met behulp van systemen en technieken die soevereiniteit verlenen, terwijl het merendeel van de data zouden kunnen worden verwerkt met 'gebruiksvriendelijke' cloudtools.

De ontwikkeling van 'thought leadership' bij deze thema's en de samenwerking met de politieke overheden zullen bijdragen aan de verbetering van het rechtskader en het beleid voor de toekomst en aan de aanpak van de soevereiniteit van de onderzoeksinfrastructuur voor computertechnologie op de lange termijn. Tegelijkertijd moeten de toekomstige behoeften en eisen van onderzoeks- en onderwijscommunity's worden ondersteund.



TREND #4

# Onconventionele paradigma's voor computing

## Publieke waarden

-  **Autonomie**    Onafhankelijkheid van onderwijs
-  **Rechtvaardigheid**    Integriteit
-  **Menselijkheid**    Persoonlijke ontwikkeling

## Gereedheid

- VOLG
- PLAN
- DOE

## Drijfveren

#Internationalisering #Connectiviteit  
#Automatisering #Digitale geletterdheid en vaardigheden

**D**e komende twee decennia zal onze vraag naar computing naar verwachting exponentieel toenemen. Deze toename impliceert nieuwe modelleringstechnieken, het genereren van nieuwe wetenschap en een ongekende behoefte aan het verplaatsen, opslaan en verwerken van data op verschillende schalen. Deze trend impliceert ook het doorbreken van de huidige technologische beperkingen en het verkennen van oplossingen die verder gaan dan de standaard roadmaps. Een positieve ontwikkeling is de snelle toevloed van groot-schalige overheids-/particuliere financiering, bijvoorbeeld voor onderwerpen als AI+HPC, kwantum, fotonica, enz. Het is belangrijk om te begrijpen dat dit geen vervangings-technieken zijn, maar dat ze een aanvulling vormen op bestaande technologieën of ons zelfs helpen om nieuwe, onontgonnen wetenschap te verkennen. Het verkennen

van opkomende technologie, bijvoorbeeld non-von Neumann-architecturen, dataflow naar accelerator-aangedreven computing, kwantum en neuromorfe paradigma's, tools en specialisaties biedt een alternatieve manier om de huidige barrières te doorbreken en de efficiëntie met beperkte middelen te verhogen. Het heeft ook betrekking op het opnieuw ontwerpen van wetenschappelijke toepassingen die aansluiten bij toekomstige infrastructuur en hardware.



## Halfgeleidertechnologie bereikt een transistorlengte van 2 nm

Opkomst van chiplet voor halfgeleiderchipontwerp

 open voorbeeld

 open voorbeeld

### Hybride/gemengde precisiealgoritmen

 open voorbeeld  open voorbeeld

### Door machinelere verbeterde wetenschappelijke computing

 open voorbeeld  open voorbeeld  open voorbeeld  open voorbeeld

### Onconventionele computing-chips

bijv. FPGA voor gegevensverwerking in de netwerken

 open voorbeeld  open voorbeeld  open voorbeeld

### Kwantum-HPC-integratie met supercomputers

 open voorbeeld  open voorbeeld

### Opkomst van op hersenen geïnspireerde computing; In-geheugen

Neuromorfe computing

 open voorbeeld  open voorbeeld

### IMPACT

Ons vermogen om onconventionele paradigma's, technologieën en methodologieën te begrijpen en ermee te experimenteren, zal ons helpen om samen mogelijkheden te verkennen en expertise en competenties te ontwikkelen om ons op het gebruik van nieuwe technologieën voor te bereiden. Dit vermogen helpt ons ook om operationele teams te ondersteunen bij het kiezen van ontwerp-, architectuur- en hardwaretechnologieën in de volgende generatie aan onderzoekssystemen. Tot slot kunnen we ook zo goed mogelijk gebruik maken van publieke middelen wanneer rekening wordt gehouden met toekomstige vereisten, technologische roadmaps en opkomende toepassingen.

TREND #5

# High-end computing in kwalitatieve onderzoeksgebieden

Publieke waarden

- Autonomie | Vrijheid van keuze | Privacy
- Rechtvaardigheid | Inclusiviteit | Gelijkheid
- Menselijkheid

Gereedheid

- VOLG
- PLAN
- DOE

Drijfveren

- #Dataïsme #Internationalisering #Digitale economie #Onderzoeksomgeving #Privacy

**E**en toenemend aantal nieuwe community's in bijvoorbeeld de sociale wetenschappen, geesteswetenschappen, kunst, geschiedenis, digitale gezondheid, sport en geneeskunde is begonnen met het gebruik van computing-diensten om onderzoek en de ontwikkeling van inzicht te verbeteren. Ze hebben geregeld expertise en ondersteuning nodig om hun onderzoeksvragen in kaart te brengen op computersystemen. Dit komt vooral doordat de gegevens waarover ze vandaag de dag beschikken, veel groter zijn dan 5 jaar geleden (een laptop is niet meer voldoende). Bovendien zijn de statistische analyse- en modelleringstools die ze gebruiken, getransformeerd tot ML/Big Data-werkstromen, die een grote rekenkracht vereisen.



Toenemend gebruik van computing-hulpmiddelen in de sociale wetenschappen, kunst en geesteswetenschappen

open voorbeeld

open voorbeeld

open voorbeeld



## Financiering verkrijgen voor software-onderzoekers

 open voorbeeld

 open voorbeeld

### Communityspecifieke projectoproepen

Bijvoorbeeld voor geesteswetenschappen en sociale wetenschappen, taalkunde, gezondheidszorg, onderwijs, wetenschap

 open voorbeeld

## IMPACT

Het vooruit helpen en ondersteunen van de computing-behoefte van deze nieuwe, opkomende community's zal op de lange termijn leiden tot een uiteenlopend gebruik van onderzoeksinfrastructuur en duurzame bedrijfsmodellen. Strategisch zal dit leiden tot de opname van talent en mensen met verschillende achtergronden, etniciteiten en culturen. In het algemeen zal het ontwerpen van oplossingen voor deze community's ervoor zorgen dat computing een toegankelijke digitale onderzoeksinfrastructuur wordt die geschikt is voor onderzoekers uit alle domeinen.

# Meer over Advanced Computing

## Contact

### Sagar Dolas

*Programmamanager Future network  
& computing*  
sagar.dolas@surf.nl

### Valeriu Codreanu

*Teamleider High-Performance Computing  
& Visualization*  
valeriu.codreanu@surf.nl

## Met bijdragen van

Kees Vuik, *TU Twente*

## Meer info



SURF website



SURF community's

