

# COMMUNICATIENETWERKEN VOOR EN DOOR NEDERLAND









# SAMENVATTING

Communicatienetwerken zijn van essentieel belang voor Nederland en de Nederlanders. Iedere dag vertrouwen burgers en bedrijven in Nederland op digitale communicatienetwerken om te werken, te leren, te ontspannen en elkaar op de hoogte te houden. Netwerken zorgen voor innovatie en economische groei in alle sectoren: van zorg en energie tot logistiek en landbouw. Ze zijn ook essentieel voor het aangaan van de grote maatschappelijke uitdagingen op het gebied van duurzaamheid, economische houdbaarheid, krimpende arbeidspopulatie en veiligheid.

Dit position paper dient als een 'call-to-action' om vanuit de Nederlandse sectoren en netwerkindustrie op een doordachte en effectieve manier te werken aan de ontwikkeling van communicatienetwerken, oftewel *Future Network Services (FNS)*, in Nederland en in Europa. De call-to-action is geformuleerd door KPN, T-Mobile, TNO, TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente en VodafoneZiggo (hierna: de FNS-kernpartners), met inbreng van kennispartner Agentschap Telecom. De huidige en verwachte behoeften aan FNS vanuit de sectoren zijn in dit paper meegenomen vanuit zo'n dertig interviews met experts uit de sectoren energie, mobiliteit, industrie en landbouw. Het paper is geschreven in opdracht van het Team dutch digital delta, dat de ontwikkeling van FNS wil verbinden aan het Nederlandse missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid.

Er is actie nodig, want de ontwikkeling van FNS gaat anders verlopen dan die van eerdere generaties netwerktechnologie:

- Door de directe maatschappelijke afhankelijkheid van het functioneren van netwerken is hun betrouwbaarheid een randvoorwaarde voor digitalisering geworden. Deze randvoorwaarde geldt daarmee niet alleen voor individuele burgers, bedrijven of sectoren die van digitalisering afhankelijk zijn, maar voor de gehele maatschappij. De ontwikkeling van sectortoe-passingen, Artificial Intelligence, Blockchain en Big Data heeft alleen zin als de basis daarvoor, FNS, betrouwbaar is en blijft.
- Door geopolitieke ontwikkelingen is bij digitalisering de vraag van belang geworden waar de uiteindelijke macht en controle over data, netwerken en netwerkapparatuur ligt. Bij deze digitale soevereiniteit zijn specifiek voor netwerken een aantal voorbeelden aan te wijzen waarbij dit hoog opspeelt. Denk aan zorgen over de leveringszekerheid en het beheer van mobiele netwerkapparatuur.

- Van netwerken en digitalisering wordt verwacht dat ze een grote rol spelen bij de verduurzaming van sectoren en de samenleving als geheel. Maar ook van de ICT- en netwerkindustrie zelf wordt verwacht dat ze verduurzamen. Zo mag de inzet van meer en krachtigere netwerkinfrastructuur en randapparaten niet leiden tot een verhoging van het energieverbruik die de verduurzaming in sectoren weer tenietdoet.

Op dit moment komen deze factoren in FNS samen met de vraag naar verdere digitalisering in sectoren, de versnelling van digitalisering door de COVID-crisis en de start van de ontwikkeling van 6G mobiel- en kwantumnetwerken. Hier zien de FNS-kernpartners een zere plek: de Nederlandse kennisbasis op het gebied van netwerken en telecom dreigt achterop te raken. Er is goede kennis in Nederland, maar deze vraagt om voortdurende investeringen tegen de achtergrond van de snelle wereldwijde technologieontwikkeling. De FNS-kernpartners vinden het van essentieel belang om de goede positie die Nederland nu met zijn netwerken en toepassingen heeft in de toekomst uit te bouwen. Omdat dat geen vanzelfsprekendheid is in de nieuwe geopolitieke realiteit hebben de partners gezamenlijk een aantal ambities geformuleerd:

- Het verhogen van het tempo van digitalisering in sectoren in Nederland en Europa vanuit nieuwe functies in netwerken. Dat creëert extra economische groei in die sectoren en in de netwerkindustrie zelf.
- Het verhogen van de betrouwbaarheid van netwerken, zowel de technische beschikbaarheid als de betrouwbaarheid. Daardoor kunnen de sectoren hun toepassingen veilig en stabiel laten functioneren.
- Het verhogen van de energie-efficiency van netwerken, zodat de netwerken en de toepassingen duurzaam functioneren.
- Het versterken van Nederlandse kennis en uitvoeringskracht voor de ontwikkeling en het beheer van netwerken. Daarmee wordt de soevereiniteit vergroot, economische activiteit in de netwerksector gecreëerd en de digitalisering verder gefaciliteerd.
- Het opbouwen van een sterke kennispositie en daarna sterke economische positie op specifieke gebieden van nieuwe netwerktechnologie. Dit zorgt voor toekomstige economische kracht en soevereiniteit voor Nederland en Europa.

De FNS-kernpartners willen deze ambities in een consortium met de sectoren en andere partners in de ICT en netwerkindustrie realiseren. Daarbij vragen ze de overheid om een aantal gerichte,

aanvullende acties op punten waarvan zij voorzien dat marktpartijen niet in de positie zijn de ambitie volledig te realiseren. Deze inzetten worden gebundeld in een publiek-privaat FNS-consortium dat zich richt op vier punten:

### **1. Versnel economische groei in sectoren door digitalisering en innovaties met communicatienetwerken**

Het consortium zet een programmatische benadering van sectorinnovatie in. Per sector wordt aangesloten op lopende initiatieven voor digitalisering, zoals die voor data delen en op sterktes vanuit regio's. Deze worden gebundeld met de geplande innovaties in network services en gecoördineerd ingebracht in Europese projecten en consortia om schaalgrootte te bereiken. De drijvende kracht is hier de sterk ontwikkelde vraagkant in Nederlandse sectoren. Door deze vraag beter te vertalen naar bestaande functies (de network services) in netwerken kunnen deze beter en sneller worden benut voor nieuwe sectortoepassingen, maar ook voor het beter ondersteunen van bestaande toepassingen.

### **2. Versnel innovatie in netwerken zelf**

Het consortium coördineert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties in netwerken. De focus ligt hierbij op de gebieden die de kernpartners van het grootste belang vinden voor toepassingen in Nederland, zoals dynamisch spectrummanagement en -sharing, multi-operator networking en de integratie van satelliet-, drone- en high-altitude-platforms. Dit zorgt voor de opbouw van vaardigheden die nodig zijn om de netwerken versneld te ontwikkelen. De network services die hiervan het resultaat zijn kunnen door de sectoren worden beproefd via trialnetwerkinfrastructuren. Door hier meer dan voorheen de nadruk te leggen op grotere, precompetitieve trials wordt gezorgd voor een schaalgrootte die nodig is voor lange termijn: breed gedragen oplossingen die horen bij network services die over meerdere netwerken en aanbieders moeten werken. Daarnaast wordt inefficiënte duplicatie van trialinfrastructuur in losse trials voorkomen.

### **3. Creëer economische waarde door in te zetten op specifieke Nederlandse sterktes en innovaties in netwerktechnologie**

Het consortium werkt voor geselecteerde onderwerpen een actief beheerde kennisroadmap en een nationaal programma uit waarmee onderzoek en ontwikkeling door Nederlandse universiteiten, kennisinstellingen, bedrijven en netwerkbedrijven wordt gecoördineerd en gestimuleerd met voorstellen voor opleiding- en onderzoeksprogramma's. Het startpunt voor het onderzoek zijn onderwerpen waarin deze partijen al sterk zijn, zoals hoge frequentie draadloos, fotonica en optisch-draadloze convergentie en programmeerbare infrastructuur. Vanuit het nationale programma worden

hierop sterke Nederlandse bijdragen in componenten, systemen en netwerken in Europese onderzoeksprojecten geleverd.

### **4. Waarborg actieve opbouw van kennis en ervaring voor soevereiniteit en betrouwbaarheid**

Het consortium vergroot het handelingsperspectief van de bedrijven in sectoren, in de netwerkindustrie en bij de overheid door het verbinden van de wat abstracte concepten van digitale soevereiniteit en betrouwbaarheid aan de technische en ecosysteemkarakteristieken van netwerken. De hiervoor benodigde kennis en ervaring wordt opgebouwd door met deze specifieke blik naar de innovaties uit de drie bovenstaande agendapunten te kijken en parallel daaraan deze innovaties te voorzien van eisen en randvoorwaarden die volgen uit Nederlandse of Europese richtlijnen en best practices.

Om FNS zoveel mogelijk te laten renderen en te verzekeren dat voorzien wordt in wat Nederland nodig heeft zal de overheid op een aantal punten meer stimulerend en coördinerend moeten optreden dan eerder. Het FNS-consortium, waarvoor de FNS-kernpartners nu een basis hebben gelegd, biedt daarvoor de juiste aanknopingspunten. De kernpartners vragen Team dutch digital delta (Team ddd) om inhoudelijke en financiële steun om het publiek-private FNS-consortium te versterken. In het consortium wordt enerzijds gewerkt aan de invulling van FNS als digitale sleuteltechnologie, zoals door Team ddd opgenomen in haar Kennis- en Innovatieagenda (KIA). Anderzijds wordt nadrukkelijk de verbinding gezocht met toepassingsgebieden van topsectoren, zodat invulling wordt gegeven aan het Nederlandse missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid. Het consortium wordt verder uitgebreid met partijen uit de netwerkindustrie, de hightech/maakindustrie, universiteiten en onderzoeksinstituten, alsook uit de sectoren die FNS inzetten bij hun digitalisering. Het FNS-consortium heeft een meerjarige looptijd. Het werkt in vier deelprogramma's aan de onderwerpen uit de bovenstaande agenda, vanuit een nog nader te bepalen publiek-private financieringsopzet (gebruikmakend van mechanismen als Breed Gedragen Programma, TKI, EU onderzoeksfondsen, groeifonds en recovery and resilience-fondsen).

# INHOUDSOPGAVE

<b>SAMENVATTING</b>	<b>3</b>
<b>1. HET BELANG VAN COMMUNICATIENETWERKEN EN DE NODZAAK TOT ACTIE</b>	<b>7</b>
Communicatienetwerken zijn essentieel voor digitalisering	7
Netwerken leveren economische groei	9
Innoveren met netwerken is nodig voor aanpakken grote maatschappelijke uitdagingen	9
Innoveren in netwerken is nodig voor meer capaciteit en nieuwe functies	10
Maar de verdere ontwikkeling van netwerken vraagt om een nieuwe aanpak	11
Nu is het moment om vanuit Nederland bewust positie te kiezen	12
Gezamenlijke visie van grote Nederlandse partijen in netwerkonderzoek en ontwikkeling	13
<b>2. NIEUWE NEDERLANDSE AMBITIES VOOR NETWERKEN EN HUN TOEPASSINGEN</b>	<b>15</b>
FNS wordt ontwikkeld in twee parallelle bewegingen: evolutie en technologiedoorbraken	15
1) Evolutie van sectortoepassingen en netwerken	16
Eisen vanuit sectoren aan Future Network Services	16
Schaalgrootte in netwerktechnologie wordt bereikt via Europese projecten en internationale standaardisatie	17
Het belang van de toepassingen vraagt om betere coördinatie van trials en fieldlabs	17
Gezamenlijke ambitie FNS-kernpartners	18
2) Onderzoek naar lange-termijn-technologiedoorbraken in netwerken	19
Technology push op basis van educated guess naar toekomstige eisen	19
Speelveld ligt nog grotendeels open en biedt veel kansen om in te stappen	19
De basis voor toekomstige posities wordt nu gelegd	20
Normenkaders voor privacy en ethiek spelen nu veel sterker bij de technologische ontwikkeling van netwerken	20
Gezamenlijke ambitie FNS-kernpartners	20
Evolutie van netwerken en technologiedoorbraken hangen samen	21
<b>3. AGENDA VOOR VERSNELLING EN POSITIONERING DOOR GERICHT ONDERZOEK EN ONTWIKKELING</b>	<b>23</b>
1) Versnel digitalisering in sectoren door innovaties met netwerken	23
2) Versnel innovatie in netwerken zelf	24
3) Creëer specifieke Nederlandse sterktes en innovaties in nieuwe netwerktechnologie	25
4) Waarborg actieve opbouw van kennis en ervaring voor soevereiniteit en betrouwbaarheid	26
De rol voor de Nederlandse overheid: vul de FNS-agenda in waar marktpartijen dat niet zelf kunnen	26
Vervolg: uitvoering agenda in een publiek-privaat FNS-consortium	27
Vraag aan Team dutch digital delta	28
<b>BIJLAGE A: ONDERZOEKSONDERWERPEN TECHNOLOGIEDOORBRAKEN IN COMMUNICATIENETWERKEN</b>	<b>29</b>
<b>BIJLAGE B: ONDERZOEKSONDERWERPEN EVOLUTIE VAN COMMUNICATIENETWERKEN</b>	<b>33</b>
<b>BIJLAGE C: SECTORINITIATIEVEN</b>	<b>38</b>
<b>COLOFON</b>	<b>42</b>





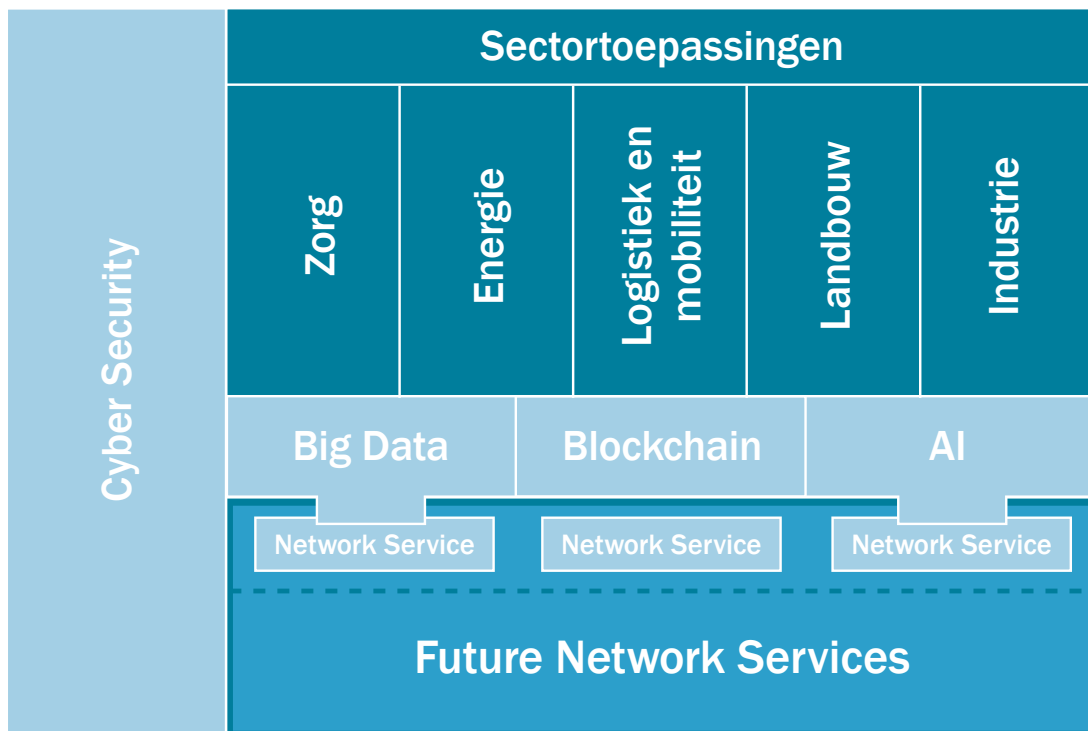
# 1. HET BELANG VAN COMMUNICATIENETWERKEN EN DE NOODZAAK TOT ACTIE

## COMMUNICATIENETWERKEN ZIJN ESSENTIEEL VOOR DIGITALISERING

Iedere dag vertrouwen burgers en bedrijven in Nederland op digitale communicatienetwerken om te werken, te leren, te ontspannen en elkaar op de hoogte te houden. Netwerken zijn daarmee op allerlei manieren van belang voor Nederland en de Nederlanders. De rode draad daarin is dat netwerken essentieel zijn voor de digitalisering van onze samenleving<sup>1,2</sup>. Netwerken zorgen voor de verbindingen waarover data kan worden uitgewisseld. Zonder die verbindingen zijn applicaties op internet en in de cloud onbereikbaar, stopt de communicatie tussen burgers en overheid, kunnen sensoren in productieomgevingen en openbare ruimten hun gegevens niet kwijt en valt de communicatie en aansturing bij logistieke processen stil.

Figuur 1 schetst deze samenhang. De netwerken zijn onderdeel van de digitale infrastructuur die toepassingen in sectoren als zorg, energie, logistiek en landbouw nodig hebben.

Deze infrastructuur bestaat uit een mix van verbindingen<sup>3</sup>, apparaten, rekenkracht en dataopslag op verschillende plaatsen in het netwerk. De netwerken leveren network services voor sector-toepassingen, zoals op maat gemaakte verbindingen, lokale rekenkracht, betrouwbare routing, lokalisatie- en authenticatiefuncties. De network services worden geïntegreerd met andere technologieën zoals Big Data, Blockchain en Artificial Intelligence (AI). In dit position paper kijken we vooral naar de verwevenheid van de toekomstige network services met deze sectortoepassingen: Future Network Services. Daarnaast gebruiken consumenten en bedrijven de network services ook rechtstreeks als generieke telecomdienst, bijvoorbeeld via abonnementen voor internettoegang<sup>4</sup>.



**Figuur 1.** Future Network Services bedient toepassingen in sectoren, in combinatie met technologieën als Big Data, Blockchain en AI.

1 Nederlandse Digitaliseringsstrategie 2021.

2 Ook in Europa is digitalisering een nadrukkelijk zwaartepunt, zie [A Europe fit for the digital age](#) met daarin [Europe's Digital Decade: digital targets for 2030](#) en [Shaping Europe's digital future](#).

3 Ook bekend als digitale connectiviteit, zie [Actieplan Digitale Connectiviteit](#), Ministerie van Economische Zaken & Klimaat, 2018.

4 In het Dialogic rapport [Het Nederlandse onderzoeks- en innovatie-ecosysteem voor de doorontwikkeling van 5G en 6G](#) (2021) wordt het onderscheid gemaakt tussen integrale en klassieke dienstverlening.



De samenhang in Figuur 1 komt ook terug in het Nederlandse missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid. Daarin zijn Big Data, Blockchain, AI en Cybersecurity als sleuteltechnologieën in digitale innovatie benoemd. Ze worden in publiek-private samenwerkingen voor onderzoek en ontwikkeling gericht verder gebracht vanuit Team dutch digital delta<sup>5</sup>. In dit position paper diepen we de technologie Future Network Services (FNS) uit en verkennen we wat nodig is voor verdere ontwikkeling.

**FNS omvat mobiele en vaste toegang, backbone netwerken en hun verwevenheid met applicaties in internet en cloud.**

Bij Future Network Services onderscheiden we verschillende typen netwerken:

- vaste toegangsnetwerken zoals kabel, koper/DSL en glasvezel
- draadloze toegangsnetwerken zoals die in mobiele netwerken (2G tot en met 5G en later 6G), LoRa, wifi en satelliet
- backbone-netwerken en hun verwevenheid met internet en cloud

In de praktijk is de scheiding niet strikt, want de netwerken lopen meer en meer in elkaar over<sup>6,7</sup>.

Hij is wel nuttig voor het schetsen van de scope van dit position paper: deze omvat de access- en backbone-netwerken en hun verwevenheid met het internet en de gedistribueerde cloudinfrastructuur. De netwerken kunnen publiek zijn, zoals die van telecomoperators, ISP's en cloudaanbieders, maar ook privaat zoals vaste en mobiele bedrijfsnetwerken en GSM-Rail voor het spoor. Deze scope is passend, omdat sectortoepassingen gebaseerd zijn op end-to-end-combinaties van deze netwerkdelen.

**Network services en de verwevenheid van toepassingen met het netwerk.**

In de Future Network Services uit FNS vindt de snel toenemende verwevenheid tussen toepassingen en het netwerk zijn beslag. De verwevenheid is noodzakelijk door de steeds stringenter en tegelijkertijd gevarieerde eisen die toepassingen aan het netwerk stellen. Waar eerst alle toepassingen konden worden bediend met een paar smaken verbindingen (best-effort-Internet en een aantal premiumvarianten) is dat nu bij lange na niet meer genoeg. Toepassingen vragen veel meer, bijvoorbeeld lokalisatie- en authenticatiefuncties, geografische garanties over routeringen en naadloze overgangen tussen verschillende netwerken. De netwerkverbindingen vergen maatwerk, zeker waar het gaat om capaciteit, maximale vertraging en betrouwbaarheid. Vanuit netwerken wordt hierin voorzien door het leveren van network services, die specifieke functies vervullen maar ook herbruikbaar zijn voor vele toepassingen. Dat laatste is essentieel, omdat het technisch en economisch ongewenst is om functies voor individuele toepassingen te ontwikkelen en te onderhouden. Met programmeerbare netwerken en virtualisatietechnologie is het nu mogelijk om op maat gesneden network services te leveren die eerder technisch niet haalbaar waren. De ontwikkelingen in techniek en ecosystemen zorgen voortdurend voor nieuwe network services. Zo is er behoefte aan een nieuwe generatie cloud-edge voor de uitwisseling van vaak tijdkritische data tussen grote aantallen sensoren, actuatoren in cyber-physical systems en het industriële Internet of Things<sup>7</sup>.

De ontwikkeling van cloud-edge als network service is nu een prioriteit in Europa vanwege het economische en strategische belang ervan.)

<sup>5</sup> Dit zijn het Commit2Data programma, de Dutch Blockchain Coalition, de NL AI coalitie en dcypher voor Cyber, zie [dutchdigitaldelta.nl/sleuteltechnologieen](https://dutchdigitaldelta.nl/sleuteltechnologieen).

<sup>6</sup> *Operator Platform Telco Edge Proposal*, GSM Association, October 2020.

<sup>7</sup> *European industrial technology roadmap for the next generation cloud-edge offering*, May 2021.



## NETWERKEN LEVEREN ECONOMISCHE GROEI

Voor het grote publiek bevinden netwerken zich grotendeels onder de motorkap. Dat illustreert dat ze over het algemeen doen wat van ze verwacht wordt. Het is daarom makkelijk om ze over het hoofd te zien. Maar hun essentiële rol mag niet worden onderschat. Om met McKinsey te spreken: 'These tech trends may not be the coolest. But they're the ones with real impetus – attaching the most venture money and patent filings, with big implications for businesses'<sup>8</sup>.

Dialogic<sup>4</sup> schat dat de afgelopen decennia 20% tot 40% van de economische groei in Nederland is voortgekomen uit telecommunicatie en ICT. Andere onderzoeken bevestigen dit. Investerings in digitale infrastructuur hebben een sterke multiplier: €1 omzet in de digitale infrastructuur sector vertegenwoordigt €15 toegevoegde directe en indirecte waarde<sup>9</sup>. Nederland is sterk in het inzetten van digitale technologie voor economische en maatschappelijke groei, zoals blijkt uit de structureel hoge positie van Nederland in de DESI-ranglijst van de Europese Commissie<sup>10</sup>. Dit blijkt ook uit een Europabrede studie<sup>11</sup>, waarin voor verschillende sectoren een kosten-batenanalyse wordt gemaakt van investeringen in 5G-netwerken. Hieruit komen multipliers naar voren die variëren tussen sectoren, maar voor Nederland consistent boven de Europese gemiddelden liggen.

Het is logisch om dit groeimechanisme verder aan te jagen door innovaties in netwerken te bevorderen. Dit levert

- groei in uiteenlopende sectoren door verdere digitalisering. Vanuit de sectoren ontstaan eisen aan netwerken waarin ze op dit moment nog niet voorzien. Het overgrote deel van de nieuwe waarde die investeringen in digitale infrastructuur opleveren wordt geboekt in de sectoren<sup>12</sup>;
- groei in de ICT-, netwerk- en telecommunicatie-industrie, die voorziet in oplossingen voor digitalisering;
- groei bij toeleveranciers aan de netwerkindustrie, die software, apparatuur en halfgeleidercomponenten ontwikkelen voor de netwerkinfrastructuur zoals halfgeleidercomponenten.

## Economische waarde van digitalisering.

Recent onderzoek biedt inzicht in de economische waarde van digitalisering in sectoren van het bedrijfsleven. Een studie<sup>13</sup> naar geautomatiseerd rijden laat een groei zien in de Europese automotivesector (autofabrikanten en toeleveranciers) tussen de 35 en 85 miljard euro per jaar in 2025, bovenop een basisomzet van 410 miljard euro. Verschillende scenario's voorzien een omzetgroei tussen de 25 en 100 miljard euro in micro-elektronica en software. De telecommunicatiesector profiteert door het belang van digitale infrastructuur voor geautomatiseerd rijden.

## INNOVEREN MET NETWERKEN IS NODIG VOOR AANPAKKEN GROTE MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN

Los van dit economische perspectief is duidelijk dat digitalisering en daarmee netwerken een grote rol spelen bij maatschappelijke uitdagingen in energie, landbouw, zorg, onderwijs, mobiliteit en het bedrijfsleven<sup>1</sup>. Wat deze uitdagingen gemeen hebben is dat ze vragen om combinaties van duurzaamheid, economische houdbaarheid, benutting van een krimpende arbeidspopulatie en veiligheid. Van digitalisering en innovaties met netwerken wordt hier een belangrijke bijdrage verwacht. Deze zal ook weer leiden tot nieuwe bedrijvigheid en economische groei. Een recent artikel<sup>14</sup> beschrijft echter een waarschijnlijk benuttingstekort bij digitale infrastructuur in Nederland: vooral toepassingen met een duidelijk maatschappelijk en collectief belang komen onvoldoende tot stand.

8 [The top trends in tech](#), McKinsey, 2021.

9 [De toekomst van de digitale economie](#), theMETISfiles en Pb7, 2020.

10 Digital Economy and Society Index, Nederland staat meestal op de 4<sup>e</sup> plaats na de Scandinavische landen.

11 [5G action plan review for Europe](#), Analysis Mason, September 2020. Multipliers variëren van 5,1 (smart production), 10,6 (smart urban), 21,7 (smart rural) tot 32,4 (smart public).

12 theMETISfiles en Pb79 beschrijven hoe 95% van de toegevoegde waarde tot stand komt in de sectoren die gebruik maken van de digitale infrastructuur.

13 [Economic implications of a connected and automated mobility in Europe](#), M.A. Raposo et al, Research in Transportation Economics, mei 2021.

14 [Investeer liever in kennis en digitale infrastructuur dan in rails en asfalt](#), Theo Roelandt et al, ESB, 12 augustus 2021.

### **FNS voor autonoom vervoer.**

Bij autonoom vervoer, zoals zelfrijdende treinen, auto's en schepen spelen communicatienetwerken een cruciale rol. Voertuigen wisselen data uit, onderling en met de weg, het spoor en de waterinfrastructuur. De netwerken moeten voor een uiterst betrouwbare data-uitwisseling zorgen, want de autonome operaties staan of vallen met de juiste realtime informatie. De data vormt de basis voor de besturing van de voertuigen, maar ook voor verkeersmanagement. Dit varieert van het creëren van een groene golf voor hulpdiensten tot het optimaliseren van verkeersstromen voor betere doorstroming en minder energieverbruik. De voertuigen moeten over netwerken van verschillende operators in binnen- en buitenland kunnen bewegen. De dataverbindingen voldoen aan specifieke eisen wat betreft betrouwbaarheid, bandbreedte en netwerkvertraging. Het opmerken en beschermen van bestuurders, voetgangers en fietsers en is privacy-vriendelijk te realiseren met gecombineerde communicatieradar-sensing. De data uit sensoren van de voertuigen, de infrastructuur en het communicatienetwerk wordt op edge-locaties dichtbij verwerkt en voor het nemen van beslissingen. Andere toepassingen vragen weer om centrale orkestratie van beslissingen. Dit alles leidt tot een verwevenheid van de toepassingen en network services die de komende jaren ontwikkeld moeten worden in samenwerking tussen auto- en treinfabrikanten, systeemleveranciers, vervoerders, Rijkswaterstaat, ProRail, provincies en gemeenten, netwerk-aanbieders en kennisinstellingen.

### **FNS voor eXtended Reality.**

FNS is van groot belang voor toekomstige eXtended Reality toepassingen (XR). XR is een verzamelnaam voor technologieën als Augmented Reality, Mixed Reality en Virtual Reality die de echte wereld verrijken, vermengen of vervangen door een virtuele wereld.

Dat biedt gebruikers veel meer dan de tweedimensionale videogesprekken die ze sinds de COVID-crisis gewend zijn. Virtueel met mensen aan tafel zitten met een volkomen realistisch beeld, geluid en zelfs tast, expertise op afstand in de industrie of een doktersconsult: mogelijkheden te over. De stap naar communicatie met driedimensionale, ruimtelijke beelden, natuurlijk geluid en tast vergt wel het uiterste van het netwerk. Extreem hoge bandbreedtes en korte vertragingen blijven nodig, maar XR vergt ook nieuwe network services. De XR-brillen zullen uiteindelijk verdwijnen. Network services gaan de processing die nu nog in brillen of gekoppelde PC's gebeurt naadloos overnemen op vaste plaatsen zoals kantoren, maar ook voor gebruikers onderweg. De processingcapaciteit moet real-time kunnen groeien als er lokaal vraag ontstaat naar XR-communicatie, bijvoorbeeld voor expertondersteuning bij het verhelpen van storingen aan het spoor of voor grootschalig gebruik bij evenementen.

### **INNOVEREN /IN NETWERKEN IS NODIG VOOR MEER CAPACITEIT EN NIEUWE FUNCTIES**

Succesvol innoveren met netwerken gaat hand in hand met innovaties in netwerken. Doorontwikkeling van de netwerken zelf is broodnodig om de groei van de hoeveelheid data te kunnen opvangen<sup>15</sup>, voor het groeiende aantal devices en de eisen aan nieuwe toepassingen. Bij de draadloze delen van het netwerk gaat het vooral om hogere frequenties die meer capaciteit bieden, wat technisch uitdagend is door het beperkte bereik. Hiervoor zijn doorbraken in de basis radiotechnologie nodig, gecombineerd met AI voor radioplanning. Ook is hechte integratie van nieuwe satelliettechnologie in mobiele netwerken nodig om in veeleisende use cases de dekking en

de betrouwbaarheid naar extreem hoge waarden te brengen. In de vaste delen van het netwerk moet de groei van de capaciteit gaan komen uit nieuwe generaties optische technologie, ingezet in geheel nieuw opgezette programmeerbare netwerken die in verregaande mate gebaseerd zijn op herbruikbare en uitwisselbare softwarecomponenten<sup>16</sup>. De uitdaging is de hogere presentaties te realiseren met een lager energieverbruik van netwerken en devices. Dit vraagt om radicaal nieuwe basistechnologieën om de huidige bottlenecks op te lossen. Ook moeten de technische doorbraken gecombineerd kunnen worden met kostenefficiënte netwerkaanleg en -upgrades in publieke en private netwerken.

<sup>15</sup> Uit de opeenvolgende [ACM telecommonitors](#) blijkt dat in Nederland de hoeveelheid mobiele data met zo'n 20-30% per jaar groeit. [AMS-IX](#) rapporteert over 2020 een recordgroei (mede door COVID) van het verkeersvolume van 35%. [Ericsson](#) voorspelt voor West-Europa een groei van 28% van het jaarlijkse mobiele datagebruik per smartphone. Zulke groeipercentages zorgen voor een datagroei met een factor 10 of hoger over een periode van 10 jaar.

<sup>16</sup> Zie bijvoorbeeld het [CompSys NL Manifesto](#), September 2021.



## MAAR DE VERDERE ONTWIKKELING VAN NETWERKEN VRAAGT OM EEN NIEUWE AANPAK

Wereldwijd werken experts aan innovaties in netwerktechnologie. Terwijl 5G-mobiele netwerken worden uitgerold zijn de eerste schetsen voor 6G al gemaakt. Tijdens de grootschalige aanleg van glasvezel in ons land worden de nieuwe optische technologieën voor nog hogere bandbreedtes over die vezels ontwikkeld. En waar gebruik van centrale clouds door bedrijven en consumenten inmiddels gemeengoed is, zijn concepten voor sterk gedistribueerde lokale edge clouds in ontwikkeling. De verwevenheid van netwerken en toepassingen neemt hard toe, vanuit groeiende samenwerking tussen sectoren, system integrators en netwerkoperators. Dit lijkt business as usual in netwerkonderzoek en ontwikkeling. Maar tegelijkertijd brengen netwerken maatschappelijke en politieke uitdagingen met zich mee. Dat geldt in sterke mate voor onderzoek naar en ontwikkeling van de volgende generaties netwerken.

– **Betrouwbaarheid.** Nu de samenleving direct afhankelijk is van digitale netwerken is de betrouwbaarheid daarvan essentieel<sup>17</sup>. Deze randvoorwaarde geldt daarmee niet alleen voor individuele burgers, bedrijven of sectoren die van digitalisering afhankelijk zijn, maar voor de hele maatschappij. Zoals Figuur 1 al laat zien heeft de ontwikkeling van sectortoepassingen, AI, Blockchain en Big Data alleen zin als de basis daarvoor, FNS, volledig betrouwbaar is en blijft. De COVID-crisis heeft de afhankelijkheid van digitalisering en de rol van netwerken daarin nog eens extra onderstreept en verder versneld. De Nederlandse netwerken hebben deze ongeplande stresstest met glans doorstaan, maar de maatschappelijke afhankelijkheid is overduidelijk. Aan betrouwbaarheid zitten verschillende kanten. Traditioneel gaat het over de beschikbaarheid van de netwerken: blijven ze beschikbaar voor toepassingen van burgers en bedrijven bij technisch of menselijk falen? Daarnaast speelt nu ook de vraag naar de betrouwbaarheid van netwerken: kunnen we mensen en organisaties die hardware en software voor de netwerken ontwikkelen en beheren voldoende vertrouwen? Als derde speelt hier de cyberveiligheid van netwerken, die we al eerder tegenkwamen als de sleuteltechnologie cybersecurity. Bij al deze kanten van betrouwbaarheid gaat het om het beheersen van risico's door het continu op orde houden van de Ausgangssituatie van de netwerken en door adequaat op te treden bij storingen en incidenten<sup>17</sup>.

– **Digitale soevereiniteit.** Door geopolitieke ontwikkelingen is van belang geworden waar de uiteindelijke macht en controle over data, netwerken en netwerkapparatuur ligt<sup>18</sup>. Bij digitale soevereiniteit<sup>19</sup> gaat het om het vermogen van Nederland en de EU om op basis van eigen inzichten en keuzes haar publieke belangen in de digitale wereld te borgen. Onze samenleving moet digitaal weerbaar zijn in een verbonden wereld waarin Nederland en de EU als mondiale spelers samenwerken met internationale partners. Digitale soevereiniteit introduceert een nieuwe factor die de eerdergenoemde betrouwbaarheid van de netwerken beïnvloedt: ongewenste strategische afhankelijkheden moeten worden weggenomen of voorkomen. Bij netwerken bestaat een aantal voorbeelden waarbij dit hoog opspeelt, bijvoorbeeld bij zorgen over de leveringszekerheid en beheer van mobiele netwerkapparatuur. Ook bij nieuwe network services die cruciaal zijn voor digitale toepassingen, zoals de cloud-edge, speelt de vraag wie er uiteindelijk de controle over heeft en ze dus kan inzetten voor het nastreven van economische of geopolitieke doelen. Altijd al gold dat de markten voor netwerken sterk gedreven worden door schaalgrootte in diensten, apparatuur en software. De afgelopen jaren is duidelijk geworden dat deze schaalgrootte niet alleen invloed heeft op de marktordening in de betrokken telecomsector maar ook verbonden wordt met internationale machtsverhoudingen. Digitale soevereiniteit is op zichzelf geen doel, maar een middel om publieke belangen en grondrechten zoals privacy te waarborgen. Bij onderzoek en ontwikkeling naar nieuwe netwerktechnologieën is de relatie met digitale soevereiniteit onontbeerlijk, gegeven de basis die netwerken bieden aan digitalisering.

– **Schaalgrootte kennis en onderzoek.** Het realiseren van voldoende schaalgrootte in netwerken vergt een grote, gedegen en in steeds hoger tempo uitgevoerde onderzoeksinspanning. Ook hierin werken de geopolitieke verhoudingen nu door. De invloed van Nederland en Europa op de ontwikkeling en daarna het gebruik van nieuwe generaties netwerken hangt dus nauw samen met de aanwezigheid van onderzoek, ontwikkeling, kennis en de mogelijkheden om het intellectueel eigendom internationaal te beschermen.

<sup>17</sup> Voor de combinatie van betrouwbaarheid en cybersecurity staat dit ook bekend als digitale weerbaarheid<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Zie bijvoorbeeld de [strategic note](#) van het European Political Strategy Centre: "In the 21st century, those who control digital technologies are increasingly able to influence economic, societal and political outcomes. Policymakers around the world are waking up to the critical imprint that digital technologies have on their countries' strategic autonomy and a global race for technological leadership has ensued."

<sup>19</sup> We sluiten hier aan op de terminologie uit de Nederlandse Digitaliseringsstrategie.

- **Duurzaamheid.** Van netwerken en digitalisering wordt verwacht dat ze een grote rol spelen bij de verduurzaming van alle geledingen van de samenleving. Dat geldt ook voor de ICT- en netwerkindustrie zelf. Zo mag de inzet van meer en krachtigere netwerkinfrastructuur en randapparaten niet leiden tot een verhoging van het energieverbruik die de verduurzaming weer tenietdoet.

Dit zorgt ervoor dat naast al lang gehanteerde economische overwegingen ook publieke goederen een veel nadrukkelijker rol spelen bij de verdere ontwikkeling van netwerken. De mix van economische groei, het bijdragen aan grote maatschappelijke uitdagingen, betrouwbaarheid, soevereiniteit en duurzaamheid vraagt om een nieuwe balans:

- tussen wat we in Nederland onderzoeken en ontwikkelen, in Europa samendoen en overlaten aan de rest van de wereld;
- tussen wat sectoren, ICT- en telecombedrijven en hun leveranciers in gang zetten en wat de overheid faciliteert, stimuleert en bewaakt.

In een aantal landen zoals Finland, Duitsland, het Verenigd Koninkrijk en de VS is al een herijking van de balans te zien bij de ontwikkeling van FNS. De overheden daar spelen in op het nieuwe speelveld en randvoorwaarden en stimuleren actief de ontwikkeling van FNS. Daarbij redeneren ze sterker in nationale en regionale belangen dan voorheen. Europese landen doen dit in de praktijk door nationaal voorwerk te doen in pre-competitief onderzoek en ontwikkeling om vervolgens bij te dragen aan grotere, Europees gecoördineerde initiatieven.

#### **NU IS HET MOMENT OM VANUIT NEDERLAND BEWUST POSITIE TE KIEZEN**

Op dit moment komen alle genoemde ontwikkelingen samen in FNS: geopolitiek, vraag naar verdere digitalisering in sectoren, versnelling van digitalisering door de COVID-crisis en de start van de ontwikkeling van 6G mobiel- en kwantumnetwerken. Dit position paper is een uitgewerkte call-to-action om vanuit Nederlandse sectoren en de netwerkindustrie op een doordachte en effectieve manier te werken aan de ontwikkeling van FNS in Nederland en in Europa. 'Doordacht en effectief' vertaalt zich daarbij in nieuwe balansen en randvoorwaarden, herijkt met de hoofdoelen in gedachten: versnelling van de digitalisering in sectoren, uitbreiding van de economische activiteit in de netwerkindustrie en het verzekeren van de betrouwbaarheid, soevereiniteit en duurzaamheid van de Nederlandse netwerken.

#### **Stip op de horizon – Future Network Services in 2033.**

FNS zijn in 2033 onmisbaar geworden in de samenleving. FNS zijn verweven in de digitale oplossingen die zorgen voor veel betere doorstroming en sterk gereduceerde uitstoot van geautomatiseerd rijdende auto's, duurzame precisie-landbouw en realtime aansturing van lokale energieopwekking en -opslag. De aanvankelijke zorgen over de betrouwbaarheid van de netwerken zijn onterecht gebleken: voor de verbindingen en processing van de data worden de netwerkfuncties uit verschillende onafhankelijke netwerken gecombineerd, waardoor een extreem betrouwbaar systeem ontstaat. De programmeerbare netwerkinfrastructuur zorgt ervoor dat de routing technisch gegarandeerd binnen Europa blijft en levert daarvoor ook juridisch harde garanties. De software stack is opgebouwd uit een combinatie van open source-componenten op uitwisselbare hardware, die de Nederlandse netwerkbedrijven in samenwerking met Europese en andere vertrouwde partners met geavanceerde tools hebben geïnspecteerd en gecertificeerd. Losse componenten worden uitgewisseld als er betere alternatieven zijn of zodra er twijfels ontstaan over de betrouwbaarheid. De chipsets voor 6G communicatie en sensoriek vormen een miljardenbusiness voor NXP en een groep gespecialiseerde bedrijven in de regio Eindhoven. Dat is vooral te danken aan de gezamenlijke ontwikkeling met Nederlandse kennisinstellingen en standaardisatie in 3GPP. Twee nieuwe Nederlandse systemintegrators zijn Europees toonaangevend in het orkestreren van softwarecomponenten in netwerken. Deze positie hebben zij opgebouwd door het integreren van O-RAN-componenten waar ze in 2022 als startups mee waren begonnen. Diensten in de mobiliteitssector en industrie werken naadloos over grenzen doordat Europese bedrijven data en AI-processing onderling uitwisselen via speciale network services. De Europese mobiele netwerken zijn softwarematig gefedereerd en ondersteunen naadloze roaming. Nederland heeft een toppositie in 5G Advanced en 6G netwerk-kwaliteit en staat in de nieuwe benchmarks over beschikbaarheid en gebruik van netwerkfuncties in de top vijf, samen met de Scandinavische landen.



## **GEZAMENLIJKE VISIE VAN GROTE NEDERLANDSE PARTIJEN IN NETWERKONDERZOEK EN ONTWIKKELING**

Dit position paper is het resultaat van samenwerking tussen KPN, T-Mobile, TNO, TU Delft, TU Eindhoven, Universiteit Twente, VodafoneZiggo (de FNS-kernpartners), met inbreng van kennispartner Agentschap Telecom. Het bevat bijdragen via workshops en interviews vanuit de sectoren energie, mobiliteit, industrie en landbouw en vanuit SURF en andere partijen in netwerkonderzoek en -ontwikkeling.

De kernpartners zien het nut en de noodzaak van gezamenlijke ambities en samenwerking voor FNS.

Hoofdstuk 2 bevat de ambities die zij gezamenlijk hebben geformuleerd, tegen de achtergrond van de manier waarop in Europa aan evoluties en doorbraken in netwerktechnologie wordt gewerkt.

Hoofdstuk 3 bundelt de plannen die zij gezamenlijk hebben geformuleerd voor de ontwikkeling van FNS in een agenda. Daarin staat ook wat er aanvullend vanuit de overheid nodig is om de plannen op volle sterkte uit te voeren.

In bijlagen A en B staan de onderzoeksonderwerpen die de partners zien als het technisch-inhoudelijk startpunt voor de agenda. Bijlage C biedt een inventarisatie van lopende initiatieven in sectoren die relevant zijn om bij aan te sluiten met als doel FNS efficiënt en effectief verder te ontwikkelen voor bestaande en nieuwe sectortoepassingen.





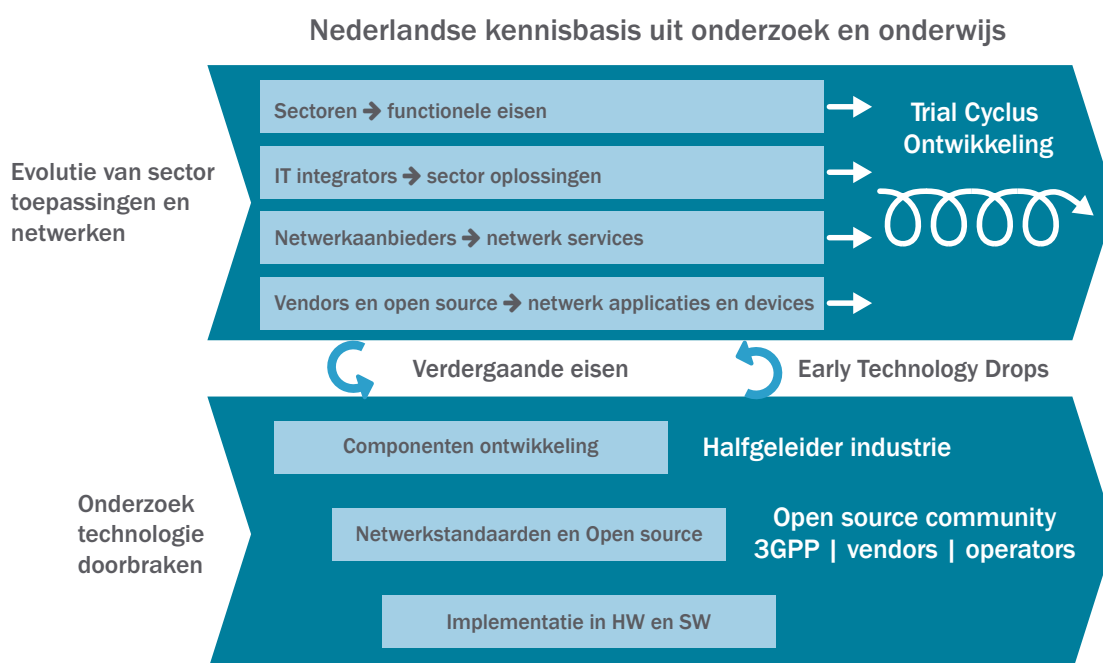
## 2. NIEUWE NEDERLANDSE AMBITIES VOOR NETWERKEN EN HUN TOEPASSINGEN

### FNS WORDT ONTWIKKELD IN TWEE PARALLELE BEWEGINGEN: EVOLUTIE EN TECHNOLOGIEDOORBRAGEN

Om vanuit Nederland effectief bij te dragen aan onderzoek en ontwikkeling van netwerken is het nodig om goed aan te sluiten bij hun inhoudelijke ontwikkeling en daarbij passende ambities te formuleren. Er spelen twee grote parallele, maar wel gekoppelde bewegingen (Figuur 2):

1. evolutie van sectortoepassingen en netwerken, in cycli van typisch enkele jaren;
2. onderzoek naar technologiedoorbraken in netwerken op langere termijn.

De twee bewegingen verschillen in tijdschaal en daardoor ook in de bedrijven en organisaties die erbij betrokken zijn. Voor dit position paper leidt dat dan ook tot verschillende ambities en daaraan gekoppelde plannen. Het onderscheid tussen evolutie en technologiedoorbraken is ook duidelijk te herkennen in bijvoorbeeld het Europese Smart Networks & Services-programma (SNS)<sup>20</sup>. Daarin staat de verdere ontwikkeling van 5G gepland naast het langetermijnonderzoek naar de technologiedoorbraken die nodig zijn voor 6G. In vaste netwerken spelen tegelijk evolutie (zoals de gestage capaciteitsverhoging van kabel- (DOCSIS), glasvezel- (PON) en eerder xDSL-netwerken) en doorbraken zoals het werk aan kwantumnetwerken en energiezuinige fotonica.



**Figuur 2.** FNS wordt ontwikkeld in twee parallele bewegingen: evolutie en technologiedoorbraken.

<sup>20</sup> Zie bijvoorbeeld [Ideas for the SNS Work Programme](#), Alexandros Kaloxylos, 5G IA, 11 juni 2021.

# 1. EVOLUTIE VAN SECTORTOEPASSINGEN EN NETWERKEN

## ONTWIKKELING IN CYCLISCH UITGEVOERDE TRIALS GEDREVEN VANUIT SECTOREN

De evolutie van sectortoepassingen en netwerken verloopt via een samenspel van bedrijven en organisaties uit sectoren zoals energie, landbouw en mobiliteit, IT-integrators, telecombedrijven, grote en kleine leveranciers van netwerkapparatuur, software en randapparaten. Dialogic<sup>4</sup> geeft een uitgebreid overzicht van het Nederlandse ecosysteem en de ketens daarin. In onderzoek en ontwikkeling staan ecosysteemontwerp en trials centraal. In de trials worden functionele eisen aan digitale infrastructuur vanuit de sectoren (uiteenlopend van eisen aan dekking en lokale rekencapaciteit tot beschikbaarheid en cybersecurity) getest en geïmplementeerd in netwerken. Via opeenvolgende cycli ontwikkelen de digitale diensten in en voor de betrokken sector zich telkens verder. De cycli duren enkele maanden tot enkele jaren. Afhankelijk van de sectortoepassingen en technische infrastructuur die worden ontwikkeld zijn ze daarna nog vele jaren bruikbaar. De levensduur kan dus veel langer zijn dan een paar cycli. In de trials worden bestaande en nieuwe netwerkfuncties gecombineerd met onder meer AI, Big Data en Blockchain in de digitale processtromen en businessmodellen van de sectoren. Het ontwikkelen van een gezamenlijke value case staat centraal. De sleuteltechnologieën uit Figuur 1 spelen daarin ieder hun rol.

## EISEN VANUIT SECTOREN AAN FUTURE NETWORK SERVICES

Voor sectoren is digitalisering een middel en geen doel op zich. Uit de interviews blijkt dat alle sectoren de ambitie hebben om te verduurzamen, vaak in combinatie met het behoud of verbetering van de concurrentiepositie. Daarnaast spelen per sector nog een aantal specifieke uitdagingen, zoals het verbeteren van de veiligheid en het omgaan met een verwachte structurele krapte op de arbeidsmarkt.

Bij het aangaan van deze uitdagingen geven de sectoren aan veel te verwachten van digitalisering. Ze voorzien een snel groeiende uitwisseling van data tussen organisaties, verschillende vormen van centrale en lokale opslag, tijdkritische besturing van processen via netwerken en gebruik van expertise op afstand. De groeiende afhankelijkheid van data-uitwisseling en besturing via netwerken roept binnen de sectoren vragen en zorgen op over data governance, een onderwerp dat ook nadrukkelijk speelt bij Commit2Data en de NL AI-coalitie. Voor het werkgebied van Future Network Services spelen de zorgen over de betrouwbaarheid van de infrastructuur, zowel de

technische beschikbaarheid als de betrouwbaarheid en cyberveiligheid. Aanvullend zijn er vragen over de garanties voor de toekomstvastheid van digitaliseringsoplossingen, vooral daar waar de levens- en investeringscyclus van de sector langer is dan die in de IT- en netwerkindustrie. Hieraan raakt ook de interoperabiliteit van IT-systemen en netwerken en wat dat betekent voor het investeringsrisico.

Een doorvertaling naar eisen aan netwerken geeft onderwerpen als:

- Betrouwbaarheid. Dit speelt op technisch vlak met beschikbaarheden tot 99,999%, volledige dekking binnenshuis en in landelijke gebieden. Autonome systemen in transport en industrie kennen veel stringenter eisen. En op het vlak van betrouwbaarheid: de wijze waarop verschillende systemen worden ontwikkeld en beheerd en de mate van inzicht die sectoren daarin nodig hebben.
- Interoperabiliteit tussen verschillende typen netwerken (mobiel, wifi, LoRa, satelliet) en tussen publieke en private netwerken van verschillende operators en eigenaars.
- Hogere prestaties van netwerken op verschillende vlakken: hoge bandbreedtes voor hoge resolutie video, korte vertragingen voor tijdkritische besturing en samenwerking op afstand, krachtige lokale en centrale rekencapaciteit in het netwerk voor AI-algoritmen. Naast de hogere prestaties zelf zijn garanties belangrijk, in samenhang met de genoemde beschikbaarheid en dekking.

Naast het mogelijk maken van nieuwe sectortoepassingen is het voor sectoren ook aantrekkelijk en soms zelfs nodig dat netwerken hun bestaande toepassingen beter ondersteunen.



### **Sectoren hebben specifieke eisen voor gebruik van Future Network Services.**

De ongeveer dertig interviews die we in uiteenlopende sectoren hebben gehouden leveren een breed palet aan eisen op.

- In de agrarische sector is het gebruik van data en besturing op afstand niet alleen van belang bij bebouwde omgevingen zoals kassen, maar juist ook in het open veld. Dit leidt tot eisen aan de beschikbaarheid en gegarandeerde capaciteit van netwerken in landelijke gebieden.
- Voor de industrie ligt de toekomst in slimmer werken: op afstand ('lights out factory') met intensief gebruik van robots, digital twins en Augmented Reality. Vanuit het oogpunt van veiligheid en economische continuïteit vraagt dit om uiterst betrouwbare communicatienetwerken met een hoge bandbreedte en korte vertragingen, in een situatie waarin private en publieke netwerken worden gecombineerd.
- In de energiesector speelt naast de betrouwbaarheid de vraag hoe de voortdurende technologische vernieuwing van communicatienetwerken in te passen valt in de veel langere investeringscyclus in het energienetwerk. Naast technologie speelt ook de daarmee samenhangende governance, bijvoorbeeld het spectrumbeleid vanuit de overheid.
- In de mobiliteit en logistiek geldt dat de functies om data betrouwbaar te kunnen uitwisselen en verwerken in en tussen voertuigen, wegkantsystemen en centrale systemen over verschillende netwerken moeten werken. Een uitgesproken eis daarbij is seamless roaming, waarbij voertuigen een ononderbroken verbinding houden als zij landsgrenzen overgaan.

### **SCHAALGROORTE IN NETWERKTECHNOLOGIE WORDT BEREIKT VIA EUROPESE PROJECTEN EN INTERNATIONALE STANDAARDISATIE**

De eisen en ervaringen die voortkomen uit de trials worden gebruikt in de verdere ontwikkeling van de sleuteltechnologieën. Voor FNS loopt deze ontwikkeling voor een belangrijk deel via Europese projecten en internationale standaardisatie.

- Bij netwerktechnologie is voor het bereiken van interoperabiliteit en kostenvoordelen Europese schaal of groter vereist. De Europese Commissie onderschrijft dit en stimuleert actief de ontwikkeling van netwerktechnologie, zoals in het Europese SNS-programma voor 5/6G en in de Horizon Europe- en IPCEI-CIS-programma's voor vaste netwerk- en cloud-technologie. Voor grensoverschrijdende sectortoepassingen, zoals autonoom rijden, stimuleert de Commissie ook de gecoördineerde Europese ontwikkeling van toepassingen en network services. De oplossingen en concepten die hierin ontwikkeld worden zijn vervolgens sterke kandidaten voor opname in wereldwijde standaarden.
- De bekendste gremia voor standaardisatie zijn 3GPP (speciaal voor mobiele netwerken) en IEEE, IETF, Broadband Forum en Metro Ethernet Forum. Daarnaast spelen open source-communities<sup>21</sup> en -allianties<sup>22</sup> een snel groeiende rol. Het fundament van 5G en de huidige generatie vaste netwerktechnologieën is gelegd, maar er blijft behoefte aan sturing in de verdere ontwikkeling. In 3GPP worden die verwerkt in opeenvolgende releases. Zo is 4G gegroeid van LTE (3GPP release 8 en 9), via LTE Advanced (Release 10 tot 12) naar LTE Advanced Pro (Release 13 en verder) met telkens hogere prestaties, toegesne-

den op specifieke eisen vanuit sector-use cases. Bij vaste netwerken speelt een vergelijkbaar mechanisme dat alleen minder zichtbaar is door het ontbreken van zulke wereldwijd gehanteerde genummerde versies. Zo breidt de programmeerbaarheid van netwerken zich vanuit de kern uit naar de randen van het netwerk en naar mobiel. Internationale standaardisatie, via formele standaarden en open source, is essentieel voor het realiseren van schaalgrootte, uitwisselbaarheid en lage kosten voor de nieuwe functies in netwerken en devices. Daarbij gaat het niet alleen om het kunnen voorzien in nieuwe eisen per sector, maar ook om het gelijktijdig en efficiënt te kunnen voorzien in de gecombineerde eisen van uiteenlopende sectoren en toepassingen, via virtualisatie op een publiek netwerk of via private netwerken.

### **HET BELANG VAN DE TOEPASSINGEN VRAAGT OM BETERE COÖRDINATIE VAN TRIALS EN FIELDLABS**

Uit interviews die voor dit position paper zijn gevoerd met deskundigen uit sectoren energie, mobiliteit, landbouw en industrie blijkt dat zij vaak intensief betrokken zijn bij trials en fieldlabs. Trials en fieldlabs zijn gevestigde en gewaardeerde aanpakken. De ondervraagden noemen het lastig dat er veel trials en labs zijn, waardoor fragmentatie optreedt en resultaten beperkt worden hergebruikt. Er is dan ook meer coördinatie nodig om te komen tot schaalgrootte, maar deze komt vanuit de sectoren en bedrijven daarin zelf niet makkelijk tot stand. De vraag is hoe efficiency en effectiviteit in trials voor sectortoepassingen het beste zijn te bereiken.

<sup>21</sup> Zoals het [Telecom Infra Project \(TIP\)](#) dat op een breed vlak aan open standaarden in netwerken ontwikkelt.

<sup>22</sup> Zoals de [O-RAN Alliance](#) waarin wordt gewerkt aan open interfaces tussen componenten in Radio Access Networks.

Bij sectortoepassingen zijn vrijwel altijd verschillende organisaties betrokken, die vaak ook concurrenten van elkaar zijn. Voor het bereiken van schaalgroottes moeten eerst de standaarden voor informatie-uitwisseling zijn ontwikkeld en getest. Daarna kunnen bedrijven op basis van die standaarden hun eigen producten ontwikkelen en op technisch en commercieel vernuft concurreren. Voor dat laatste kan ieder bedrijf zelf een businesscase opstellen. Tijdens de stap ervoor, het onderzoek op het gebied van standaarden en precompetitieve trials in het belang van alle partijen, is de businesscase voor individuele bedrijven lastig rond te krijgen. Er wordt namelijk nog geen concurrentievoordeel opgebouwd. Bij trials waarin netwerkinfrastructuur een belangrijke rol vervult speelt dit punt nog sterker, om twee redenen:

- Experimenten met netwerkinfrastructuur kosten relatief veel investeringen en menskracht.
- De businesscase van de nieuwe netwerkinfrastructuren voor FNS is gebaseerd op het leveren van een reeks diensten aan verschillende groepen afnemers, met eigenschappen toegesneden op hun sector- of toepassings specifieke vragen. Op deze manier worden de hoge investeringskosten gedekt door een variëteit aan inkomstenstromen die opgeteld zorgen voor een afdoende businesscase. Een trial waarin een netwerkinfrastructuur wordt ingezet voor een beperkt aantal toepassingen in een sector past niet in het stramien van de businesscases voor netwerkinvesteringen. Daarmee is de puzzel van de businesscase niet compleet te maken.

Individuele netwerkaanbieders gaan hiermee om door hun trials te concentreren op een paar infrastructuren. Voorbeelden hiervan zijn de KPN 5G fieldlabs en de Vodafone 5G Hub. Deze concentratie is nuttig, want het levert de operators efficiency. Alleen wordt er dan niet in de behoefte voorzien om sectortoepassingen via trials over meer netwerkinfrastructuren heen te toetsen, zoals zou gebeuren in precompetitieve trials met meerdere organisaties en concurrenten. Zoals gezegd is de businesscase voor zulke precompetitieve trials lastig rond te krijgen. De ervaring leert dan ook dat de overheid het initiatief moet nemen om tot zulke trials te komen, zoals 5Groningen en het Do IoT Fieldlab. Dit moet uiteraard gebeuren binnen de wettelijke regels voor mededinging. De overheid ondersteunt de precompetitieve trials in beperkte mate financieel, bijvoorbeeld vanuit de regio's en hun economic boards zoals bij 5Groningen en Do IoT Fieldlab of via SURF. Door juist precompetitieve trials te stimuleren kan de overheid zorgen voor meer aandacht op langere termijn en breed gedragen oplossingen voor de maatschappelijke uitdagingen in de sectoren.

De overheid kan daarmee de balans bij een op korte termijn tekortschietende businesscase laten doorslaan naar een groter maatschappelijk belang. Een praktisch voordeel is dat de inefficiënte duplicatie van trialinfrastructuur in meerdere trials wordt voorkomen waardoor er meer middelen beschikbaar komen voor de ontwikkeling van de toepassingen zelf.

Bij trials op het gebied van digitalisering blijkt de mate waarin de sector georganiseerd is van groot belang. Deze invloed loopt concreet via de beschikbaarheid van standaarden en architecturen over data-uitwisseling binnen de sector in verschillende toepassingen. Zonder standaarden op dat niveau is het lastig om de mogelijkheden van netwerken te benutten. Trials zijn succesvoller als ze aansluiten bij of onderdeel zijn van bestaande datasharing-initiatieven van bijvoorbeeld brancheorganisaties of specifieke activiteiten van organisaties als de Data Sharing Coalition<sup>23</sup> en de Nederlandse AI Coalitie<sup>24</sup>. Deze best practice is heel goed te gebruiken bij het opzetten van precompetitieve trials, omdat deze vanzelf al een vertegenwoordiging van samenwerkende en deels concurrerende partijen oplevert.

#### GEZAMENLIJKE AMBITIE FNS-KERNPARTNERS

De FNS-kernpartners hebben de volgende ambities voor de evolutie van sectortoepassingen en netwerken:

- Het verhogen van het tempo van digitalisering in sectoren in Nederland en Europa vanuit nieuwe functies in netwerken. Daarmee wordt extra economische groei in die sectoren en in de netwerkindustrie zelf gecreëerd.
- Het verhogen van de betrouwbaarheid van netwerken, zowel de technische beschikbaarheid als de vertrouwbaarheid. Daardoor kunnen de sectoren hun toepassingen veilig en stabiel laten functioneren.
- Het verhogen van de energie-efficiency van netwerken, zodat de netwerken en de toepassingen duurzaam functioneren.
- Het versterken van Nederlandse kennis en uitvoeringskracht voor de ontwikkeling en het beheer van netwerken. Daarmee wordt de soevereiniteit vergroot, economische activiteit in de netwerksector gecreëerd en de digitalisering verder gefaciliteerd.

<sup>23</sup> [datasharingcoalition.eu/nl/](https://datasharingcoalition.eu/nl/)

<sup>24</sup> [nlaic.com/en/building-blocks/data-sharing/](https://nlaic.com/en/building-blocks/data-sharing/)



## 2. ONDERZOEK NAAR LANGE-TERMIJN-TECHNOLOGIEDOORBRAGEN IN NETWERKEN

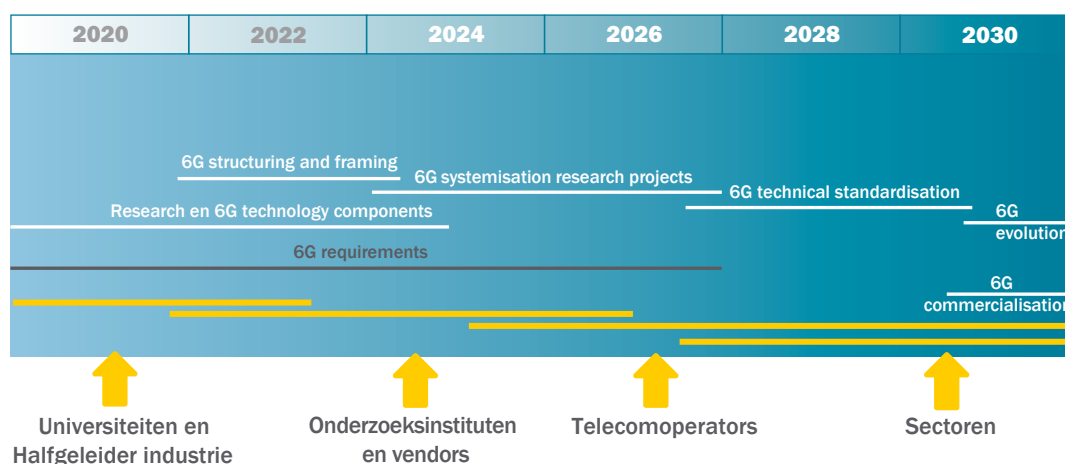
### TECHNOLOGY PUSH OP BASIS VAN EDUCATED GUESS NAAR TOEKOMSTIGE EISEN

Onderzoek gericht op technologiedoorbraken in netwerken richt zich op een termijn van vijf tot tien jaar. De interactie met sectoren die specifieke eisen hebben ontbreekt: het is in essentie een 'technology push' op basis van een 'educated guess' naar toekomstige eisen. De lat voor prestaties op het gebied van bandbreedte, netwerkvertraging of aantal devices wordt typisch een factor 10-100 hoger gelegd in de verwachting dat dit nodig gaat zijn voor toekomstige toepassingen in bijvoorbeeld holografie of massaal gebruik van sensoren. In mobiele netwerken is deze termijn bekend uit de tienjarige cyclus waarmee telkens een nieuwe generatie mobiele technologie wordt ontwikkeld. Daar is nu het onderzoek naar doorbraken voor 6G begonnen. Dit is het domein van technologieontwikkelaars, universiteiten en halfgeleiderfabrikanten (Figuur 3). Via de ontwikkeling van componenten en systemen werken zij doelgericht naar complete netwerken en toepassingen. Onderzoeksinstituten, onderzoeksafdelingen van de leveranciers van netwerkapparatuur, telecomoperators en bedrijven met sectortoepassingen dragen hieraan bij.

### SPEELVELD LIGT NOG GROTENDEELS OPEN EN BIEDT VEEL KANSEN OM IN TE STAPPEN

Aan het begin van de ontwikkeling van 6G, kwantumnetwerken en fotonica ligt het speelveld

wijd open, veel wijder dan in de evolutie zoals hierboven geschetst. Er is al wel een beeld van de technologische doorbraken die nodig zijn in het begin van de keten, zoals halfgeleidercomponenten voor extreem hoge frequenties, nieuwe optische technologie en een geheel nieuwe architectuur voor het core-netwerk voor 6G<sup>20,25</sup>. Halfgeleiderfabrikanten, universiteiten en onderzoeksinstituten ontwikkelen en testen concepten in experimentele opstellingen en leggen hun intellectueel eigendom (IPR) vast in patenten. Hier raakt het onderzoek naar doorbraken in FNS aan het werk in de Topsector Hightech Systemen & Materialen (HTSM). Dit onderzoek is bepalend voor de latere posities in 6G: welke leveranciers van chips en systemen en daarmee landen en regio's gaan de 6G-technologie en -markt domineren? Vooroplopen in netwerkonderzoek vraagt om een schaal en tempo dat alleen haalbaar is vanuit een hoogwaardige kennisbasis. Tegelijkertijd draagt zulk onderzoek ook weer bij aan de kennisbasis. Daardoor ontstaat bij een aantal bedrijven, landen en regio's een zichzelf versterkende koppeling tussen kennis en technologieontwikkeling die doorwerkt in ecosystemen van halfgeleiderfabrikanten, apparatuur- en softwareleveranciers en devicemakers. Het begin van het onderzoek naar doorbraken is een instapmoment waarna zo'n zichzelf versterkende koppeling kan ontstaan. De forse investeringen van de Nederlandse overheid in de publiek-private samenwerkingen



Figuur 3. Het onderzoek naar technologiedoorbraken nodig voor 6G begint bij universiteiten en de halfgeleiderindustrie<sup>26</sup>.

<sup>25</sup> Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence, September 2019, 6G Flagship, University of Oulu.

<sup>26</sup> Naar EU policy towards beyond 5G and 6G, Bernard Barani, Dutch session on Smart Networks and Services Partnership, 22 April 2021.

Quantum Delta NL en PhotonDelta kunnen door hun inhoudelijke raakvlakken al tot een sterkere positie van Nederland en daarmee Europa in FNS leiden.

#### **DE BASIS VOOR TOEKOMSTIGE POSITIES WORDT NU GELEGD**

Eerder hebben westerse overheden de ontwikkeling van 5G gesteund via onderzoeksprojecten, maar daarna vooral aan de markt overgelaten. Voor 6G en kwantumnetwerken verloopt dit zoals eerder geschetst anders door het nieuw opgekomen belang van digitale soevereiniteit en het sterk gegroeide besef wat betreft het belang van netwerken voor sectoren en maatschappij. De economische en tegenwoordig ook geopolitieke invloed kwam tot nu toe met name voort uit marktaandeelen in chipsets en netwerkapparatuur. IPR vastgelegd in standaard-essentiële patenten speelde daar al lang een rol in de onderhandelingen tussen leveranciers onderling en tussen leveranciers en telecomoperators. Wanneer overheden vanuit het oogpunt van soevereiniteit voorwaarden stellen aan de apparatuur en software in netwerken zal de rol van IPR verder groeien als alternatieve route voor economische en ook geopolitieke invloed.

#### **NORMENKADERS VOOR PRIVACY EN ETHIEK SPELEN NU VEEL STERKER BIJ DE TECHNOLOGISCHE ONTWIKKELING VAN NETWERKEN**

De Europese Commissie onderkent het grote belang van onderzoek dat leidt tot doorbraken in netwerktechnologie. Het Smart Networks & Services-programma (SNS) heeft als expliciet doel 'Fostering Europe's technology sovereignty in 6G'<sup>27</sup> en bevat daarvoor een grote onderzoekslijn: 'Research for radical technology advancement towards 6G'. Dit is voor Nederlandse bedrijven en onderzoekers het voor de hand liggende moment om op Europese schaal bij te dragen en samen te werken aan doorbraken. Het belang daarvan zit niet alleen in Nederlandse en Europese IPR. Net zo belangrijk is het opbouwen van Europese invloed op de manier waarop de wereld omgaat met technologieën als AI en 'massive sensing'. Europa hecht terecht sterk aan zijn waarden en regelgeving voor privacy en de aandacht voor ethische aspecten van digitalisering. De eerder beschreven verstremgeling tussen netwerken en toepassingen bijvoorbeeld zal in 6G nog sterker worden dan in 5G. Daardoor werkt de verwachte massale inzet van AI en sensing in 6G netwerken sterk door in applicaties. Dat roept de vraag op welke normenkaders voor bijvoorbeeld privacy en ethische omgang met gevoelige data gaan worden gehanteerd bij het ontwerp van de wereldwijde standaarden. Het antwoord op deze vraag heeft decennia-

lang verstrekkende gevolgen voor de maatschappelijke uitwerking en acceptatie van de technologie. Standaardisatie begint met het opstellen van gezamenlijke eisen (requirements) waaraan het netwerk moet voldoen. Dat betreft ook de eisen die aan de omgang met gevoelige data worden gesteld: wordt die geminimaliseerd of komen alle data juist centraal beschikbaar om er zo veelzijdig mogelijk gebruik van te kunnen maken in applicaties en voor het netwerkmanagement? Standaardisatie lijkt te beginnen met het opstellen van eisen, maar in de praktijk worden die eisen voor een groot deel gevormd vanuit de nieuwe mogelijkheden en keuzes uit de eerdere technologieontwikkeling.

#### **GEZAMENLIJKE AMBITIE FNS-KERNPARTNERS**

De FNS-kernpartners hebben de volgende ambities voor technologiedoorbraken in netwerken:

- Opbouwen van een sterke kennispositie en daarna sterke economische positie op specifieke gebieden van nieuwe netwerktechnologie. Dit zorgt voor toekomstige economische kracht en soevereiniteit voor Nederland en Europa.
- Onderhouden van een vooraanstaande positie in het internationale speelveld van kennisontwikkeling, zodat onze kennis effectief uitgewisseld kan worden met die van Europese en internationale partners. Op deze manier kan de Nederlandse netwerkindustrie zich effectief blijven aanpassen aan de nieuwe eisen vanuit sectoren en de samenleving.
- Bijdragen aan het opstellen en gebruik van Europese normenkaders door die vanaf het begin van de technologieontwikkeling te hanteren en in te brengen in internationale standaarden.

<sup>27</sup> The Smart Networks and Services Joint Undertaking, European Commission.

## EVOLUTIE VAN NETWERKEN EN TECHNOLOGIEDOORBRAGEN HANGEN SAMEN

Hierboven zijn evolutie en technologiedoorbraken apart behandeld omdat ze een aantal verschillende karakteristieken hebben. Er zijn ook belangrijke overeenkomsten:

- Ze werken beiden nog tientallen jaren door in toepassingen. Zo worden 2G-mobiel en DSL-technologie uit de jaren negentig nog steeds breed gebruikt. Hetzelfde geldt voor de Internet Protocol-technologie uit de jaren zeventig en tachtig. Een goede positie in netwerken en toepassingen in het verleden brengt dus nu nog voordelen met zich mee. Voor een goede positie in de toekomst moet nu dus de basis worden gelegd. Dialogic4 gaat nader in op de 'time lag' tussen de beschikbaarheid en de maatschappelijke impact van nieuwe (netwerk)technologie en toepassingen.
- Beide richten zich op het implementeren van standaarden in uitwisselbare softwarecomponenten die draaien op generieke hardware. Dat verlaagt de toetredingsdrempel, omdat bedrijven zich kunnen richten op het ontwikkelen van specifieke innovaties in software die in bestaande grotere systemen is in te passen.
- Voor beide speelt de interactie tussen nationale en Europese activiteiten in onderzoek en ontwikkeling. Nederlandse sterktes en innovaties kunnen via Europese projecten aan een schaalgrootte worden geholpen die zorgt voor kostenvoordelen en interoperabiliteit. Andersom kunnen Nederlandse sectoren, inclusief de ICT/netwerksector, profiteren van ontwikkelingen in andere landen en van de schaalgrootte en slagkracht van grote bedrijven daar. Zeker voor de ontwikkeling van 6G geldt dat Europese samenwerking nodig is om de breedte van de ontwikkeling die nodig is aan te kunnen.

Inhoudelijk hangen evolutie en technologiedoorbraken ook samen (Figuur 4). Zo ontstaan aanvullende eisen voor het onderzoek naar technologiedoorbraken als vanuit de evolutie van de huidige technologie niet aan de eisen kan worden voldaan. Omgekeerd kunnen vondsten uit technologiedoorbraken, als ze op kortere termijn toepasbaar blijken te zijn, al in een eenvoudiger variant aan boord worden genomen in de evolutie.

De belangrijkste samenhang loopt echter via de Nederlandse kennisbasis. Evolutie en technologiedoorbraken zijn beiden afhankelijk van een hoogwaardige Nederlandse kennisbasis. Voor evolutie moet die breed zijn om de digitalisering van uiteenlopende sectoren te ondersteunen. Voor de doorbraken moet die diep zijn op de gebieden waarop Nederland inzet. Onze ambities rondom economische groei, digitale soevereiniteit en betrouwbaarheid beginnen daarom bij het waarborgen van de kennisbasis. Dialogic<sup>4</sup> en de interviews die zijn uitgevoerd voor dit onderzoek leggen de vinger op de zere plek: de Nederlandse kennisbasis op het gebied van netwerken en telecom dreigt achterop te raken. Er is goede kennis in Nederland aanwezig, maar deze vraagt om voortdurende investeringen gezien de snelle globale technologieontwikkeling. Het gaat om kennis op alle niveaus: de combinatie van WO, HBO en MBO komt terug in het hele veld van onderzoek, ontwikkeling, plannen, implementeren, aanleggen en beheren van de netwerkinfrastructuur.





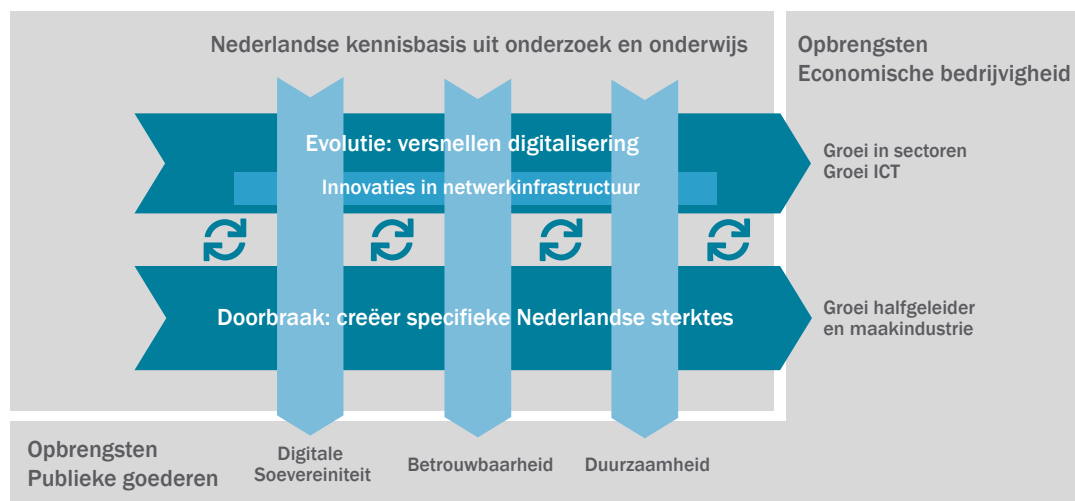
### 3. AGENDA VOOR VERSNELLING EN POSITIONERING DOOR GERICHT ONDERZOEK EN ONTWIKKELING

De FNS-kernpartners en de vertegenwoordigers uit de sectoren hebben een grote intrinsieke motivatie om de ambities voor de toekomstige Nederlandse en Europese netwerken te realiseren: versnelling van digitalisering in de sectoren, uitbreiding van de economische activiteit in de netwerkindustrie en het verhogen van de betrouwbaarheid, soevereiniteit en duurzaamheid van de netwerken (Figuur 4). De motivatie om hier via gezamenlijk onderzoek en ontwikkeling aan te werken komt onder andere voort uit de drang om de grote uitdagingen van de eigen sector aan te gaan en nieuwe toepassingen en businessmodellen te vinden. Een andere bron is de wetenschappelijke nieuwsgierigheid naar fundamentele herschikkingen en verbeteringen in netwerktechnologie. Vanuit die motivatie hebben de partners een plan en agenda ontwikkeld. Het plan draait om het voortbouwen op bestaande sterktes en initiatieven in Nederland en Europa en het gericht opbouwen van nieuwe. Voor een groot deel kunnen de kernpartners en sectoren dit zelf opzetten en uitvoeren. Zoals verderop zal blijken zien zij dat op een aantal punten facilitering of actieve stimulering door de Nederlandse overheid nodig is.

#### 1. VERSNEL DIGITALISERING IN SECTOREN DOOR INNOVATIES MET NETWERKEN

De digitalisering in sectoren kan het beste worden versneld door nog meer in te zetten op precompetitieve trials en fieldlabs. Omdat in sectoren de nationale ecosysteemcontext een grote rol speelt zijn trials in Nederland van belang. Trials in andere Europese landen zijn nuttig om daaruit lessen te trekken voor de Nederlandse sectoren. Uiteindelijk gaat het er om dat nieuwe oplossingen in het Nederlandse ecosysteem worden beproefd en verder ontwikkeld. Dit zorgt ook voor de benodigde versteviging van de kennisbasis: mensen worden opgeleid in de trials en er ontstaan initiatieven voor vervolgonderzoek. Nederlandse sectoren moeten ook meer bijdragen aan Europese oplossingen die nuttig en haalbaar zijn. Het bereiken van Europese schaal levert kostenvoordelen en interoperabiliteit op. Nederland kan hier een vooraanstaande rol spelen vanuit de sterk ontwikkelde vraagkant in de zakelijke markt en sectoren<sup>4</sup>. Nederlandse moet meer invloed uitoefenen door betere coördinatie van onze inbreng in voorstellen voor Europese projecten in Horizon Europe en Smart Network & Services. Het motto moet daar zijn: 'een sterk Nederlands consortium in een sterk Europees project'. Verder:

- Trials moeten worden opgezet per sector, omdat de context en het ecosysteem tussen de sectoren verschillen: de betrokken organisaties



**Figuur 4.** In de agenda voor Future Network Services worden onderzoek en ontwikkeling ingezet voor het versnellen van de digitalisering van sectoren en het creëren van specifieke Nederlandse sterktes in toekomstige technologieën. Dit leidt tot extra economische bedrijvigheid op korte en lange termijn en tot het zeker stellen van publieke goederen.

verschillen en er is meestal ook flinke invloed van sectorspecifieke regelgeving. De trials met nieuwe netwerkfuncties sluiten waar mogelijk aan bij lopende initiatieven voor datasharing van brancheorganisaties en coalities. Bijlage C geeft een overzicht van zulke initiatieven. Op deze manier wordt optimaal gebruik gemaakt van sectorspecifieke afsprakenstelsels en dataprotocolen die de meest directe eisen aan de netwerkinfrastructuur opleveren. De ontwikkeling van de functies voor data delen loopt zo hand in hand met die van de benodigde netwerkfuncties. De andere reden om aan te sluiten bij bestaande initiatieven is om bestaande sectorecosystemen optimaal te hergebruiken en dubbelingen in organisatie en aansturing te vermijden. Uit de interviews blijkt dat ook hier meer coördinatie zal leiden tot grotere efficiëntie.

- Inhoudelijk gaat het in de trials om het koppelen van de functionele eisen uit sectoren aan de nieuwe mogelijkheden van FNS. Op het hoogste niveau van eisen gaat het dan om betrouwbaarheid, interoperabiliteit, bandbreedtes, verträgen, rekencapaciteit en dekking. Bijlage B geeft een lijst van onderzoeksonderwerpen, geïdentificeerd door de FNS-kernpartners, die hierbij aansluiten. Deze koppeling moet in de trials verder worden verkend en uitgewerkt tot testbare concepten.
- Zoals Dialogic<sup>4</sup> concludeert moet de breedte behouden blijven: alle sectoren verdienen hun trials. Op die manier blijft het meersporenbeleid van de overheid van kracht dat inzet op de breedte van de topsectoren en de missies. Duplicatie van netwerkinfrastructuur en onnodige investeringen worden voorkomen via coördinatie van (precompetitieve) trialinfrastructuren (zie punt 2) hieronder).

## 2. VERSNEL INNOVATIE IN NETWERKEN ZELF

Naast de vraag uit de sectoren wordt de digitalisering ook gedreven door aanbod van nieuwe technische mogelijkheden in netwerken. Daarom is het van belang ook de innovatie in netwerken zelf te versnellen, op een manier die dichtbij toepassingen in sectoren staat. Vanuit de eisen van de sectoren hebben de FNS-kernpartners een inventarisatie gemaakt van de meest relevante en passende onderzoeksonderwerpen (zie kader). Het gaat hier om bredere innovaties die ten goede komen aan uiteenlopende sectoren. Ze zijn ook op een andere manier breed: zo gaat het bij dynamisch spectrum management en -sharing en bij multi-operator networking om innovaties waarbij intrinsiek meer netwerken betrokken zijn. Voor het ontwikkelen van de innovaties en het ter beschikking stellen aan sectoren is een mix aan trialinfrastructuren nodig.

- Een nuttig startpunt zijn de trialnetwerkinfrastructuren die op dit moment al gebruikt worden voor trials met sectortoepassingen. Deze spelen ook een rol bij onderzoek en ontwikkeling naar nieuwe network services zelf. Met meer coördinatie, gericht op (precompetitieve) deling van kennis en resultaten, leidt hier tot efficiency.
- Daarnaast is er behoefte aan grotere precompetitieve trials. De sectortoepassingen moeten namelijk over verschillende netwerken en soorten netwerkkaparaatuur werken om hun waarde te leveren. Hetzelfde geldt voor een aantal van de nieuwe network services. Door de groeiende verwevenheid van toepassingen met de network services is interoperabiliteit een voorwaarde voor voldoende schaal. Meer dan eerst moet daarom via interoperabiliteit op netwerkniveau een potentieel voor schaalgrootte in de markt worden gecreëerd. Pas daarna kunnen bedrijven daarbinnen onderling concurreren op technisch en commercieel vernuft. Naast technische interoperabiliteit speelt hier ook een kwalitatieve oplijning van de businessmodellen waarmee nieuwe network services worden aangeboden<sup>28</sup>. Hiermee worden de zorgen weggenomen bij een aantal bedrijven in sectoren om door precommerciële trials met individuele telecomoperators, vendors of systemintegrators in een lock-in terecht te komen die achteraf technisch en commercieel lastig te corrigeren is. Tenslotte bieden precompetitieve trials en bijbehorende infrastructures instapmogelijkheden voor bedrijven die nog geen gevestigde positie in het ecosysteem hebben. Technisch gezien worden de mogelijkheden al vergroot door de ontwikkeling naar softwareimplementaties van componenten die draaien op generieke hardware. Een precompetitieve trialinfrastructuur voegt hier het sector- en netwerkecosysteem aan toe.
- De hoogwaardige trialinfrastructures sluiten aan bij de Nederlandse traditie om de kwalitatief beste netwerken te hebben. Onze mobiele netwerken staan stevast in de wereldwijde top<sup>29</sup>. Samen met de eerdergenoemde sterk ontwikkelde vraagzijde in sectoren geven de trialinfrastructures een sterke Nederlandse right-to-play in Europese projecten.
- Inhoudelijk werken grote en kleine softwareontwikkelaars, apparatuurleveranciers, universiteiten, onderzoeksinstituten en telecomoperators op geselecteerde onderwerpen aan de evolutie van network services. Het startpunt daarvoor is de nu door de FNS-kernpartners samengestelde lijst. Daaraan worden onderwerpen toegevoegd als er uit de trials nieuwe behoeften aan network services blijken. Verder komen er steeds nieuwe eisen vanuit het spoor, mobiliteit

<sup>28</sup> De iDeal dienst is een voorbeeld uit de financiële sector dat laat zien hoe technische en business model interoperabiliteit tot schaalgrootte kan leiden.

<sup>29</sup> Benchmarking – The international score comparison 2020, Umlaut, February 2021.



en de veiligheidssector, op Europees niveau en soms zelf wereldwijd vanuit 3GPP-standaardisatie.

- De kennis en ervaring die wordt opgebouwd in het telkens verder ontwikkelen van de trialinfrastructuren en het bedienen van de sector trials leidt tot nieuwe bedrijvigheid bij grote en kleine bedrijven. Het is daarnaast een randvoorwaarde om bij latere uitrol van sectortoepassingen het onderhoud en beheer van de netwerkinfrastructuur op basis van Nederlandse kennis en uitvoering. Zo wordt de afhankelijkheid van outsourcing naar buitenlandse partijen vermeden.
- Ook hier is de verbinding tussen de Nederlandse trialinfrastructuren en het Europese onderzoek essentieel voor het behalen van schaalgrootte voor innovaties en voor het samenwerken met grote telecomoperators en apparatuurleveranciers uit andere Europese landen. In de praktijk betekent dit dat de Nederlandse trialinfrastructuur deel moet uitmaken van projecten in het Europese SNS-programma<sup>20</sup>. Daarin is een grote rol voorzien voor 'Large Scale SNS Trials and Pilots with Verticals' en 'SNS experimental infrastructures'.

#### **Onderzoeksonderwerpen evolutie van communicatienetwerken**

De FNS-kernpartners hebben gezamenlijk de eerste inventarisatie gemaakt van onderzoeksonderwerpen bij de evolutie van communicatienetwerken. Dit zijn:

- Dynamisch Spectrum Management en -Sharing
- Cross-layer design van toepassing en netwerk
- Betrouwbare netwerken
- Multi-operator networking
- Indoor dekking
- Integratie van satelliet, drones en high-altitude platforms met mobiele netwerken

Bijlage B gaat in op het belang van deze onderwerpen voor de sectortoepassingen.

### **3. CREËER SPECIFIEKE NEDERLANDSE STERKTES EN INNOVATIES IN NIEUWE NETWERKTECHNOLOGIE**

Bij de doorbraken in netwerktechnologie gaat het erom dat Nederland een toonaangevende positie opbouwt op specifieke onderwerpen. Dat vraagt om een differentiatie van het Nederlandse onderzoek en van daaruit gerichte bijdragen aan Europese projecten in het SNS-programma en Horizon Europe.

- De toonaangevende positie moet zorgen voor economische activiteit in Nederland, via de route die begint bij basistechnologieën en algoritmen in componenten en vervolgens via systemen leidt tot opname in complete netwerken. Het onderzoek is gecentreerd rondom de onderwerpen waar Nederlandse universiteiten, onderzoeksinstituten en bedrijfslabs sterk in zijn. Als eerste startpunt daarvoor hebben de FNS-kernpartners zes onderwerpen geselecteerd (zie kader).
- Het tot wasdom brengen van deze onderwerpen vraagt om goed gecoördineerde kennisroadmaps, waarin naast de gewenste technologische ontwikkeling ook nadrukkelijk staat hoe de positie in IPR wordt vastgelegd en hoe we onze kennis inbrengen in het Europese onderzoek. Ook hier gaat het weer om schaalgrootte: de Nederlandse sterktes combineren met die in andere landen om via Europese schaal een wezenlijke rol in wereldwijde standaardisatie en ecosystemen te spelen. Zo kan bijvoorbeeld de zwakte die Nederland heeft door het ontbreken van een grote leverancier van netwerkapparatuur worden gecompenseerd.
- Naast economische activiteit moet het onderzoek naar technologiedoorbraken ook zorgen voor toekomstige soevereiniteit van Nederland en Europa op netwerkgebied. Het gaat op lange termijn om een belang dat Nederland deelt met andere Europese landen en het is daarom van belang om samen op te trekken. Sterke kennisposities die doorwerken in latere marktposities in componenten en netwerkapparatuur voor Nederland komen ten goede aan Europese partners en andersom.
- Een goed niveau van kennis over nieuwe netwerktechnologie in de breedte blijft nodig om de technische basis van soevereiniteit te doorgronden. Die kennis moet worden opgebouwd in de Nederlandse netwerkindustrie. De FNS-kernpartners zien daar een duidelijke rol voor zichzelf, maar ook voor de Nederlandse en Europese overheden weggelegd (zie onder 4).

### Onderzoeksonderwerpen technologiedoorbraken in communicatienetwerken

De FNS-kernpartners hebben gezamenlijk de eerste inventarisatie gemaakt van onderwerpen voor technologiedoorbraken die economisch potentieel voor Nederland hebben.

Dit zijn:

- Programmeerbare infrastructuur
- Vertrouwde internetarchitecturen
- Hoge frequentie draadloos
- Fotonica en optisch-draadloos convergentie
- Massive Sensing and Control with Networked Intelligence
- Combined communication and sensing

Bijlage A gaat in op het belang en de Nederlandse positie op deze onderwerpen.

## 4. WAARBORG ACTIEVE OPBOUW VAN KENNIS EN ERVARING VOOR SOEVEREINITEIT EN BETROUWBAARHEID

Voor het bevorderen en bewaken van de publieke goederen die samenhangen met netwerken is het belangrijk dat de overheid hier actief de opbouw en borging van kennis stimuleert, omdat sectoren en netwerkaanbieders hier niet volledig in kunnen voorzien. Digitale soevereiniteit en betrouwbaarheid van netwerken zijn belangen die Nederland deelt met andere Europese landen. Gezamenlijk optrekken in Europees verband is daarom logisch. Nationale kennis en ervaring rond soevereiniteit en betrouwbaarheid op technisch niveau blijft ook bij intensieve Europese samenwerking nodig. Zonder Nederlandse 'handjes' ontstaat er immers geen daadwerkelijke soevereiniteit, ook niet als de technische standaarden en leveranciersecosystemen er wel geschikt voor zijn. Bij de data-infrastructuren en -ecosystemen, een aan FNS aanpalende technologie, zien we een sprekend voorbeeld van de combinatie van Europees optrekken en een Nederlandse verankering. Daar biedt GAIA-X het kader voor Europese samenwerking en zorgt de GAIA-X Hub NL met inbreng van onder andere de Cloud Infra Coalitie voor een Nederlandse basis. Bij het opbouwen van kennis en ervaring is daarnaast aandacht nodig voor Nederlandse en Europees intellectuele eigendom. Bij IPR op netwerktechnologie komen economische en digitale soevereiniteit dicht bij elkaar te liggen, omdat de traditionele onderlinge ruil en vergoedingen voor IPR tussen leveranciers in de netwerksector ook een geopolitieke en internationale economische lading krijgt.

### DE ROL VOOR DE NEDERLANDSE OVERHEID: VUL DE FNS-AGENDA IN WAAR MARKTPARTIJEN DAT NIET ZELF KUNNEN

Het uitgangspunt van de FNS-kernpartners voor de agenda in hoofdstuk 3 is dat ze deze zoveel mogelijk zelf in gang zetten en uitvoeren, in samenwerking met de sectoren en partners in de

ICT- en netwerkindustrie. Daarbij realiseren ze zich dat de ontwikkeling van FNS een systeemuitdaging is, zonder eenduidige probleemeigenaar en met veel belanghebbenden. De FNS-kernpartners vragen de overheid daarom een aantal gerichte, aanvullende acties te ondernemen waar marktpartijen daar niet toe in staat zijn. FNS creëert belangrijke economische en maatschappelijke waarde op uiteenlopende plaatsen en is sterker dan vroeger verweven met publieke goederen als betrouwbaarheid, soevereiniteit en duurzaamheid. Om FNS zoveel mogelijk te laten renderen en te verzekeren dat wordt voorzien in wat Nederland nodig heeft zal de overheid op een aantal punten meer stimulerend en coördinerend moeten optreden dan voorheen. Het gaat hierbij om verschillende onderwerpen waarbij FNS-kernpartners marktfalen zien:

- Het komen tot precompetitieve trials en infrastructuur daarvoor met deelname van onderling concurrerende marktpartijen, binnen de geldende mededingingswetgeving. Zulke trials zijn onontbeerlijk om een schaalessprong te kunnen bereiken in innovatieve sectortoepassingen en netwerken. Tegelijkertijd zijn de opbrengsten van de nieuwe toepassingen over het algemeen ongelijk verdeeld over de betrokken partijen. De ervaring leert dat de trials zonder stimulans van de overheid niet tot stand komen. Een actieve rol van de overheid zorgt ervoor dat onderzoek en trials van de grond komen met alle partijen uit het ecosysteem, inclusief bedrijven die concurrenten van elkaar zijn, terwijl er voor een deel van de bedrijven geen positieve businesscase is voor precompetitief onderzoek.
- Het coördineren van trials en fieldlabs waar sector- en netwerkpartijen behoefte aan hebben. Zij onderkennen nut en noodzaak van deze vorm van innoveren. Tegelijkertijd is er nu een gebrek aan efficiëntie in het hergebruik van resultaten en gaat een flink deel van de financiering van de trials naar een inefficiënte duplicatie van infrastructuur.
- Het bevorderen en bewaken van publieke goederen, met name digitale soevereiniteit, duurzaamheid en betrouwbaarheid. Marktpartijen kunnen daar niet zelf in voorzien. Bij de ontwikkeling van netwerken is het noodzakelijk dat deze publieke belangen door een actieve rol van de overheid samen met marktpartijen worden geborgd. Dat begint met het organiseren van kennis over de technische basis die ten grondslag ligt aan soevereiniteit en betrouwbaarheid.
- Het verbreden van de kennisbasis voor FNS via onderwijs en onderzoek. De FNS-kernpartners en de ICT- en netwerksector dragen via hun onderzoek en ontwikkeling bij aan de Nederlandse kennisbasis, maar zien dat voor evolutie en technologiedoorbraken meer gekwalificeerde mensen nodig zijn. Het gaat om kennis op alle niveaus, van MBO tot WO.

## **VERVOLG: UITVOERING AGENDA IN EEN PUBIEK-PRIVAAT FNS-CONSORTIUM**

Voor het uitvoeren van de FNS-agenda stellen de kernpartners voor het huidige consortium van kernpartners uit te bouwen tot een publiek-privaat consortium waarin universiteiten, kennisinstituten, organisaties uit sectoren, de ICT- en netwerkindustrie en overheid samenwerken. Zo'n consortium is een bewezen aanpak om de uitvoering van de agenda door kennis- en marktpartijen te combineren met aanvullende acties en ondersteuning vanuit de overheid. Het FNS-consortium wordt dan onderdeel van Team dutch digital delta en daarmee van het Nederlandse missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid. Het consortium legt zich toe op het uitvoeren van de vier hoofdpunten van de agenda:

### **1. Versnel economische groei in sectoren door digitalisering en innovaties met communicatienetwerken**

Het consortium zet in op een programmatische benadering van sectorinnovatie. Per sector wordt aangesloten op lopende initiatieven voor digitalisering, zoals die voor data delen en op sterktes vanuit regio's, zoals bestaande proeftuinen. Deze worden gebundeld met de geplande innovaties in network services en gecoördineerd ingebracht in Europese projecten en consortia om schaalgroottes te bereiken. De drijvende kracht hier is de sterk ontwikkelde vraagkant in Nederlandse sectoren. Door deze vraag beter te vertalen naar bestaande functies (de network services) in netwerken kunnen deze beter en sneller worden benut voor nieuwe sectortoepassingen, maar ook voor het beter ondersteunen van bestaande toepassingen.

### **2. Versnel innovatie in netwerken zelf**

Het consortium coördineert en stimuleert de ontwikkeling van innovaties in netwerken op de gebieden die de kernpartners als het meest relevant beoordelen, zoals dynamisch spectrum management en -sharing, multi-operator networking, en integratie van satelliet, drones en high-altitude platforms met mobiele netwerken. Dit zorgt voor de opbouw van de vaardigheden die nodig zijn om de netwerken versneld te ontwikkelen. De network services die hiervan het resultaat zijn kunnen door de sectoren worden beproefd via trialnetwerkinfrastructuren. Door hier meer dan voorheen de nadruk te leggen op grotere, precompetitieve trials wordt gezorgd voor de schaalgroottes die nodig is voor de langere termijn: breed gedragen toepassingen die horen bij network services die over meerdere netwerken en aanbieders moeten werken. Daarnaast wordt inefficiënte duplicatie van trialinfrastructuur in losse trials voorkomen.

### **3. Creëer economische waarde door in te zetten op specifieke Nederlandse sterktes in nieuwe netwerktechnologie**

Het consortium werkt voor de geselecteerde onderwerpen een actief beheerde kennisroadmap en een nationaal programma uit waarmee onderzoek en ontwikkeling door universiteiten, kennisinstituten en (netwerk)bedrijven wordt aangestuurd en gestimuleerd met voorstellen voor opleiding- en onderzoeksprogramma's. Het startpunt voor het onderzoek zijn de onderwerpen waarin deze partijen al sterk zijn, zoals hoge frequentie draadloos, fotonica en optisch-draadloos convergentie en programmeerbare infrastructuur. Vanuit het nationale programma worden hierop sterke Nederlandse bijdragen in componenten, systemen en netwerken in Europese onderzoeksprojecten geleverd.

### **4. Waarborg actieve opbouw van kennis en ervaring voor soevereiniteit en betrouwbaarheid**

Het consortium vergroot het handelingsperspectief van bedrijven in de sectoren, in de netwerkindustrie en bij de overheid door het verbinden van de wat abstracte concepten van digitale soevereiniteit en betrouwbaarheid aan de technische en ecosysteem karakteristieken van netwerken. De hiervoor benodigde kennis en ervaring wordt opgebouwd door met deze specifieke blik naar de innovaties in de bovenstaande drie agendapunten te kijken en parallel daaraan deze innovaties te voorzien van eisen en randvoorwaarden die volgen uit Nederlandse of Europese richtlijnen en best practices.



### VRAAG AAN TEAM DUTCH DIGITAL DELTA

De FNS-kernpartners vragen Team dutch digital delta (Team ddd) om inhoudelijke en financiële steun om het publiek-private FNS-consortium te versterken. In het consortium wordt enerzijds invulling gegeven aan FNS als digitale sleuteltechnologie, zoals door Team ddd opgenomen in haar Kennis- en Innovatieagenda (KIA). Anderzijds wordt nadrukkelijk de verbinding gezocht met toepassingsgebieden van topsectoren, zodat invulling wordt gegeven aan het Nederlandse missiegedreven topsectoren- en innovatiebeleid. Het consortium wordt verder uitgebreid met partijen uit de netwerkindustrie, de hightech/maakindustrie, universiteiten en onderzoeksinstituten en uit de sectoren die FNS inzetten bij hun digitalisering. De kernpartners dragen in het consortium doelgericht bij aan de uitvoering van de FNS-agenda, door hun eigen onderzoek en ontwikkeling te verbinden en te coördineren met de projecten en programma's opgezet vanuit het FNS-consortium. Het FNS-consortium heeft een meerjarige looptijd. Het werkt in vier deelprogramma's aan de onderwerpen uit de bovenstaande agenda, vanuit een nog nader te bepalen publiek-private financieringsopzet (gebruikmakend van mechanismen als Breed Gedragen Programma's, TKI, EU onderzoeksfondsen, het Groeifonds en recovery and resilience-fondsen). De inhoudelijke startpunten daarvoor zijn de sectorinitiatieven en de onderzoeksonderwerpen uit de bijlagen bij dit paper.

# BIJLAGE A: ONDERZOEKSONDERWERPEN TECHNOLOGIEDOORBRAKEN IN COMMUNICATIENETWERKEN

Het onderzoek voor technologiedoorbraken in communicatienetwerken gaat uit van de onderwerpen waar Nederlandse universiteiten, onderzoeksinstituten en bedrijfslabs sterk in zijn. Als eerste startpunt daarvoor hebben de FNS-kernpartners de volgende onderwerpen geselecteerd.

PROGRAMMEERBARE INFRASTRUCTUUR	Doorbraak
	<p><b>Technologie:</b> Sinds kort is netwerkapparatuur, zoals routers, beschikbaar die door een operator zelf geprogrammeerd wordt, in tegenstelling tot de eerdere situatie waarin software op de apparatuur gesloten bleef. Programmeerbare infrastructuur opent de deur naar volledige controle over welke software er wordt geïnstalleerd en gebruikt in operationele netwerken. Zo kan een operator eigen of publiek beschikbare AI-oplossingen voor het automatisch (her)configureren van het netwerk ontwikkelen of compleet nieuwe internetarchitecturen installeren. De programmeerbare netwerktechnologie wordt nu vooral onderzocht in de context van datacenters en internet operators en nog in mindere mate bij draadloze netwerken. Een grote ontbrekende schakel is de omgeving waarmee je dit soort netwerksoftware betrouwbaar kunt ontwikkelen, verifiëren, en uitrollen in het netwerk met mogelijkheden voor dynamische herconfiguratie. Het ontwikkelen en gebruiken van kunstmatige intelligentie (AI) oplossingen voor het ondersteunen van operators in het configureren van het netwerk vormt hierin een belangrijk aspect.</p>
	<p><b>Belang:</b> Programmeerbare infrastructuur geeft de praktische mogelijkheden voor operators en, breder getrokken, overheden en sectoren om meer inzicht en controle te hebben over de netwerken waarmee ze hun data uitwisselen en waarin ze het opslaan. Daarmee biedt programmeerbare infrastructuur een basis voor een hoger niveau van betrouwbaarheid van netwerken en digitale soevereiniteit. Er is een inhoudelijke relatie met nieuwe internetarchitecturen, want programmeerbare netwerken maken het makkelijker om (geheel) nieuwe functies in het internet te implementeren en daarmee te experimenteren (zie doorbraak 'Vertrouwde internetarchitecturen').</p>
	<p><b>Waarom in Nederland?</b> Transparantie en controle over de netwerken wordt mogelijk door de nieuwe technologie, en past goed bij de reputatie van Nederland en Europa op het gebied van digitale privacy. De instapmogelijkheden die het gebruik van software op generieke hardware biedt zijn dus niet alleen nuttig voor het creëren van economische groei bij grote en kleine bedrijven, maar moeten ook benut worden om te komen tot daadwerkelijke betrouwbaarheid en soevereiniteit.</p>
	<p><b>Welke initiatieven zijn er al?</b> In Nederland heeft het 2STIC consortium (<a href="https://2stic.nl">https://2stic.nl</a>) een programmeerbaar testnetwerk gebouwd, uniek in de wereld, waarmee het een voortrekkersrol kan nemen in dit type onderzoek. Het bestaat uit 6 programmeerbare routers bij AMS-IX, SIDN Labs, SURF, TU Delft, Universiteit Amsterdam en Universiteit Twente, verbonden door het optische netwerk van SURF. Het gebruik van AI raakt ook aan transparantie en controle over AI, zoals uitgebreid aan bod komt in de NL AI Coalitie, maar is op netwerkniveau nog relatief onderontwikkeld.</p>
	<p><b>Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?</b> Een samenwerking tussen meerdere operators en softwareontwikkelaars is nodig voor het ontwikkelen van de overkoepelende omgeving waarmee software kan worden ontwikkeld, geverifieerd en uitgerold. Voor individuele bedrijven is dit niet haalbaar en ook niet wenselijk omdat bewezen concepten in open software moeten kunnen worden hergebruikt in meerdere programmeerbare infrastructuren om tot efficiëntie en schaalgrootte te komen.</p>

VERTROUWDE INTERNETARCHITECTUREN	Doorbraak
<p><b>Technologie:</b> De internet community denkt al sinds de jaren '90 na over nieuwe internetarchitecturen (zogenaamde 'clean slate' systemen) en uitbreidingen van de bestaande internetarchitectuur om aan nieuwe eisen van applicaties of van de maatschappij te voldoen. Recente voorbeelden van clean-slate architecturen zijn Named Data Networking (routeren op basis van content i.p.v. IP-adres), SCION (veiligere en transparantere verbindingen) en RINA (modulair opgebouwde netwerken). Voorbeelden van uitbreidingen van het huidige internet zijn het concept van het Responsible Internet (meer data-autonomie voor gebruikers) en de Internet Knowledge Plane (automatische netwerkmanagement), beide concepten die ook voor toekomstige internetarchitecturen kunnen worden gebruikt. Enkele van deze initiatieven zijn verder gekomen dan de tekentafel en kennen inmiddels een actieve community, vooral SCION, NDN en het Responsible Internet. Er is een inhoudelijke relatie met programmeerbare netwerken (zie doorbraak 'Programmeerbare infrastructuur') omdat het gemakkelijker wordt om te experimenteren met uitbreidingen van of aanpassingen op de internetarchitectuur.</p>	
<p><b>Belang:</b> Voor internetgebruikers wordt het steeds ondoorzichtiger wie hun gegevens transporteren (bijv. welke netwerken hun gegevens verwerken en welke jurisdicties daar van toepassing zijn) en zij hebben geen controle over de manier waarop die gegevens worden gerouteerd. Dit is een risico voor de privacy (en daarmee het vertrouwen) van mensen (bijv. omdat een kwaadwillig netwerk de gegevens van een gebruiker compromitteert), maar ook voor hun veiligheid (bijv. als een niet-vertrouwd netwerk een slim energienetwerk of een chirurgische operatie op afstand verstoort). Het aanpakken van deze zaken vergt een significante aanpassing van de internetarchitectuur.</p>	
<p><b>Waarom in Nederland?</b> Nederland heeft een voortrekkersrol als het gaat om digitale privacy en netneutraliteit en is daardoor uitstekend geëquipeerd om netwerken, waaronder ook het internet, transparanter en dus vertrouwer te maken.</p>	
<p><b>Welke initiatieven zijn er al?</b> Een lopend initiatief is <b>CATRIN</b> ("Controllable, Accountable, Transparent: the Responsible Internet"), een samenwerking van 24 partners uit Nederland, Europa en daarbuiten, gefinancierd door NWO met 1.9M Euro. Het doel van CATRIN is om het Responsible Internet op te starten, een nieuw security-by-design concept en uitbreiding van internet dat een hoger niveau van vertrouwen en soevereiniteit mogelijk maakt voor een breed scala aan toepassingen, waaronder vitale services zoals slimme energienetwerken en mobiliteitstoepassingen. Het Responsible Internet bereikt dit door de internetinfrastructuur te veranderen van een 'black box' in een 'glass box'. CATRIN integreert technologie, economie en beleidsonderzoek om een eerste operationeel multi-operator Responsible Internet te leveren. Binnen 2STiC (zie doorbraak Programmeerbare Infrastructuur) wordt er ook actief gewerkt aan SCION, een compleet nieuwe internetarchitectuur.</p>	
<p><b>Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?</b> Significante wijzigingen en daarmee verbeteringen aanbrengen aan de internetarchitectuur vergt een samenwerking van meerdere partijen. Het vergt ook een veilig testbed waarin er in een triple-helix verband met die internetarchitecturen geëxperimenteerd kan worden en welke als katalysator kan dienen voor daadwerkelijke adoptie in de maatschappij.</p>	

HOGE FREQUENTIE DRAADLOOS	Doorbraak
<p><b>Technologie:</b> Voor de verhoging van de capaciteit van mobiele communicatie binnen- en buitenshuis is onvoldoende ruimte beschikbaar in de huidige frequentiebanden. Het is daarom nodig om naar steeds hogere frequentiebanden te gaan waar nog veel spectrumruimte beschikbaar is. De volgende stap zijn de millimeter en THz banden. Bij deze frequenties worden signalen snel verzwakt en geblokkeerd door objecten. De algoritmen en modulatie technieken die hiermee om kunnen gaan moeten worden ontwikkeld, in nauwe samenhang met nieuwe basistechnologieën voor het efficiënt creëren van smalle, precies te richten bundels. Hiervoor worden antennearrays met grote aantallen elementen voorzien, geïntegreerd in chips die ondanks de extreem hoge frequenties energiezuiniger moeten zijn dan de huidige generaties.</p>	
<p><b>Belang:</b> Op langere termijn is het gebruik van de hoge frequenties onontkoombaar voor de capaciteit, snelheid en grote dichtheden aan devices voorzien in sectortoepassingen, van holografische communicatie tot autonome voortuigen.</p>	



**Waarom in Nederland?** Nederland heeft een internationaal vooraanstaande positie in draadloze technologie, gebaseerd op een bestaand ecosysteem met universiteiten, grote (NXP, Philips, Signify, Thales, ProDrive) en kleinere bedrijven (The Antenna Company, Catena, AntenneX, LioniX, Aircision). Het onderwerp biedt perspectief om in Nederland een positie op te bouwen in de chipproductie voor geavanceerde 5G en 6G netwerken.

**Welke initiatieven zijn er al?** Onderzoek en ontwikkeling van hoge frequentie draadloos raakt sterk aan de lopende samenwerking in de HTSM Electronics roadmap. Nederlandse organisaties spelen daarnaast al een flinke rol in het Horizon Europe programma op dit onderwerp. Daarnaast is een mogelijk Europees IPCEI project op het gebied van micro-elektronica relevant.

**Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?** De ontwikkeling van de basistechnologie is zodanig kennisintensief en multidisciplinair dat individuele bedrijven deze niet kunnen doen. Het is daarom nodig om een actief beheerde kennisroadmap op te stellen, gecoördineerd met de andere initiatieven en op basis daarvan gerichte precompetitieve mixed funding onderzoeksprojecten op te zetten.

## FOTONICA EN OPTISCH-DRAADLOOS CONVERGENTIE

## Doorbraak

**Technologie:** Optische draadloze communicatie is een basistechnologie die veel nieuwe mogelijkheden brengt voor hoge capaciteit verbindingen, van binnenshuis tot verbindingen tussen satellieten. Optische bundels bieden bandbreedtes ver boven die van radiobundels. De bijbehorende optische chips kunnen zonder optisch-elektrische conversies naadloos opgenomen worden in vaste fibernetwerken. Zo kunnen ze daar het energieverbruik sterk verminderen door functies in het optische domein uit te voeren in plaats van in het elektronische domein.

**Belang:** Optische draadloze verbindingen zorgen voor verbindingen met extreem hoge capaciteit, zonder afhankelijk te zijn van spectrumlicenties en met laag energieverbruik. De gerichtheid van de verbindingen geeft ze een intrinsieke veiligheid en verhoogde privacy doordat ze niet door muren heendringen (in tegenstelling tot bijvoorbeeld wifi signalen). Hiermee kunnen ze met name voor hoge-capaciteit draadloze communicatie (video streaming, uitwisseling van grote data-files) een krachtige aanvulling bieden op de huidige radiotoegangsnetwerken en microgolfverbindingen in operator netwerken

**Waarom in Nederland?** Nederlandse universiteiten zijn leidend in de ontwikkeling van geïntegreerde optische circuits, en in draadloze optische communicatie middels lichtbundels. In het Europese 6G onderzoek wordt al gebruik gemaakt van de optische systemen en netwerken die met deze circuits zijn gebouwd. Er is daarom een kans om de goede Nederlandse positie door te zetten in de volgende fases van productontwikkeling en te zorgen voor een sterke marktpositie van Nederlandse partijen. Veilige optische communicatietechnologie ontwikkeld in Nederland en Europa levert daarnaast een bijdrage aan digitale soevereiniteit, met een mix van technologie, kennis en ervaring in de toepassingen.

**Welke initiatieven zijn er al?** Agentschap Telecom heeft in december 2017 een rapport uitgebracht over draadloze optische communicatie als een alternatieve vorm van communicatie om het huidige radiospectrum te ontlasten. Er zijn een aantal initiatieven: het NWO Perspectief Programma “Optical Wireless Superhighways” (gestart 1 sep. 2021), het PhotonDelta public-private partnership, PITC (samenwerking tussen TNO, TU/e en UT) en een aantal andere consortia en samenwerkingen tussen bedrijven, instellingen en universiteiten (waaronder Signify, Aircision, VTEC, Effect Photonics, TNO).

**Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?** Dit type lange-termijn multidisciplinair onderzoek kan niet door losse bedrijven worden gedaan, het vraagt om een gezamenlijke kennisroadmap, met daarin gerichte mixed-funding onderzoeksprojecten.

**MASSIVE SENSING AND CONTROL WITH NETWORKED INTELLIGENCE****Doorbraak**

**Technologie:** Op termijn zal het overgrote deel van de devices op communicatienetwerken bestaan uit sensoren en actuatoren, gebruikt om op grote schaal informatie over de fysieke wereld te verzamelen, interpreteren en daar weer op te acteren. Hiervoor worden verschillende technologieën ontwikkeld en gecombineerd: ultra-low power devices met sensor, actuatie en communicatiekarakteristieken, communicatieprotocollen voor netwerken met extreem hoge dichtheden van devices, mechanismen voor compressie van informatie op de sensor en in het netwerk, edge computing en gedistribueerde AI voor interpretatie van sensor data en gedistribueerde control algoritmen.

**Belang:** Om redenen van schaalbaarheid, privacy, en security zal het verwerken van deze data niet op een centrale plek gebeuren, maar gedistribueerd over het netwerk, in het device, de edge, en in de cloud. Vanwege privacy- en eigendomspectief is het belangrijk deze data zoveel mogelijk lokaal, in eigen beheer en binnen lokale jurisdictie te houden, en te leren van de data zonder de data zelf te delen (zoals bijvoorbeeld met federated learning).

**Waarom in Nederland?** In de toekomst wordt de concurrentiepositie van Nederlandse sectoren voor een flink deel bepaald door de beschikbaarheid van data. Data van hogere kwaliteit en fijnere granulariteit (in tijd en plaats) wordt essentieel voor Nederlandse sectoren zoals landbouw en smart industry. Voor Nederland is het belangrijk haar voorsprong in data-intensieve sectoren te behouden en zelf richting te geven aan de ontwikkeling en het gebruik van deze technologieën.

**Welke initiatieven zijn er al?** Gerelateerde initiatieven zijn naast het Europese Smart Networks and Services werkprogramma het Nederlandse AiNed programma, maar in het laatste zal geen aandacht besteed worden aan de netwerk aspecten van deze technologie.

**Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?** Om te voorkomen dat genoemde Nederlandse sectoren voor hun data-intensieve infrastructuur afhankelijk worden van dominante niet-Europese spelers is het van belang precompetitief in te zetten op kennisontwikkeling voor open mechanismen en structuren voor networked intelligence.

**COMBINED COMMUNICATION AND SENSING****Doorbraak**

**Technologie:** Draadloze technologie, zoals in 6G, zal gebruik gaan maken van frequenties boven de 100 THz. Daarmee komt de communicatietechnologie in het spectrumgebied dat traditioneel voor radar wordt gebruikt. Hiermee ontstaan nieuwe mogelijkheden om communicatie en radar te combineren op een diep technisch niveau: één component (chip) die zowel radarwaarneming van objecten en personen kan doen als hoge-capaciteit communicatie. Dit zorgt voor efficiency in het spectrumgebruik en voor schaalvoordelen in componenten.

**Belang:** Er zijn veel toepassingen waar waarneming en communicatie naast elkaar voorkomen. Bijvoorbeeld bij geautomatiseerd rijden, waarin communicatienetwerken gebruikt worden om informatie van sensoren, waaronder radar, uit te wisselen en daarna tot beslissingen te komen. Bij digital twin representaties van de fysieke wereld speelt ook het nauwkeurig in kaart brengen van de fysieke wereld om er daarna met korte vertraging en grote capaciteit mee te interacteren in een digitaal model.

**Waarom in Nederland?** Nederland heeft een uitstekende kennispositie op het gebied van radar en hoge frequentie draadloos bij universiteiten en bij TNO. Daarnaast heeft Nederland via NXP en bedrijven eromheen een leidende positie in de markt voor chips voor automotive en een ambitie om een positie op te bouwen in chips voor 6G.

**Welke initiatieven zijn er al?** Er zijn eerste projectvoorstellen waarin aan de combinatie van communicatie en sensing wordt gewerkt, tot nu toe is dat kleinschalig.

**Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?** Dit type lange termijn multidisciplinair onderzoek kan niet door losse bedrijven worden gedaan, het vraagt om een gezamenlijke kennisroadmap, met daarin gerichte mixed-funding onderzoeksprojecten. Dit is nodig om daarna de Europese aansluiting te vinden voor adoptatie door grote vendors en in standaardisatie.

# BIJLAGE B: ONDERZOEKS- ONDERWERPEN EVOLUTIE VAN COMMUNICATIENETWERKEN

Bij de onderzoeksonderwerpen voor de evolutie van communicatienetwerken staat het belang van nieuwe network services voor sectortoepassingen centraal. De onderstaande onderwerpen volgen uit de eerste gezamenlijk inventarisatie van de FNS-kernpartners, geïnspireerd door de vragen en eisen uit sectoren:

DYNAMISCH SPECTRUM MANAGEMENT EN SHARING	Evolutie
<p><b>Technologie:</b> Een flink deel van het radiospectrum wordt op dit moment inefficiënt gebruikt in de tijd, locatie en frequentie terwijl andere delen juist overbelast zijn. Dynamisch spectrum management en sharing (DSMS) is een manier om met behulp van nieuwe technieken, algoritmes en andere afspraken en regels beter gebruik te maken van de (lege ruimtes in) frequentiebanden, in gelicenseerd als ongelicenseerd spectrum. Vanwege de grote diversiteit in kenmerken en behoeften bij ongeplande en onvoorspelbare toegang, zal gezocht moeten worden naar nieuwe dynamische methodes met behulp van sensing, AI en databases.</p>	
<p><b>Belang:</b> Betrouwbare en snelle (mobiele) communicatie is afhankelijk van voldoende en geschikt radiospectrum. Het radiospectrum is hierdoor essentieel voor digitalisering in sectoren. Maar het vinden en exclusief toekennen van spectrum wordt steeds lastiger, door de groei van spectrumgebruik voor verschillende toepassingen in publieke en private netwerken. Dit dreigt een bottleneck te worden voor de verdere digitalisering.</p>	
<p><b>Waarom in Nederland?</b> Nederland heeft een sterk verdichte digitale infrastructuur waarin intensief gebruikt wordt gemaakt van de beschikbare frequentiebanden. Daarnaast is Nederland sterk in het inzetten van field labs als innovatieomgeving. Dit maakt NL erg geschikt voor toegepast onderzoek in de vorm van proof-of-concepts en proeftuinen waarin de sharing wordt gebruikt voor het creëren van meer ruimte voor toepassingen van sectoren op publieke en private netwerken. In de proeftuinen kunnen sharing concepten worden beproefd die elders in de wereld nog niet zijn ingezet, naast bestaande technologie die ter beschikking komt aan de operators sectoren om knelpunten op te lossen. Omdat spectrum voor een flink deel een nationale aangelegenheid is, is het belangrijk om dit onderwerp in Nederland op te pakken, met daarin wel in gedachten dat voor schaalgrootte in techniek en beleid de verbinding met Europese projecten belangrijk is.</p>	
<p><b>Welke initiatieven zijn er al?</b> Op wereldwijd (ITU) en Europees beleidsniveau bestaan hoge verwachtingen van spectrum sharing. Aan de kant van de operators is sharing om verschillende redenen tot nu toe beperkt gebleven tot passieve sharing van opstelpunten en een beperkt deel van de apparatuur. Een nationaal initiatief ontbreekt tot nu toe.</p>	
<p><b>Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?</b> De DSMS-oplossing verschilt per situatie, afhankelijk van de drukte in het frequentiespectrum, de toepassingen, de betrokken stakeholders en de te maken afspraken. Vanwege de complexiteit is het belangrijk om tijdig methodes te beproeven in verschillende scenario's. Precompetitieve versterking is nodig omdat er veel verschillende partijen betrokken zijn bij het slim hergebruiken en delen van spectrum. Er is geen natuurlijke stakeholder die deze ontwikkeling eenzijdig kan dragen, omdat het voordeel pas geboekt wordt als meerdere partijen betrokken zijn. Deze partijen zullen moeten samenwerken aan onderzoek, innovaties, protocollen en afsprakenkaders om de transitie te maken naar een meer dynamische wijze van toegang tot spectrum.</p>	



CROSS-LAYER DESIGN VAN TOEPASSING EN NETWERK	Evolutie
<p><b>Technologie:</b> Toepassingen en netwerk wisselen voortdurend informatie uit over hun status en context, op veelal zeer kleine tijdschaal. Door deze vorm van cross-layer design kan het netwerk beter dan eerder voorzien in de stringente eisen van nieuwe mobiele toepassingen: het op precies de juiste tijd en plaats leveren van combinaties van bandbreedte, korte vertragingen en rekencapaciteit. Om hierin te voorzien heeft het netwerk precies getimedede verzoeken vanuit de toepassing nodig, tegelijkertijd zal een toepassing overzicht moeten hebben over wat het netwerk op een bepaalde tijd en plaats kan leveren. Het tot nu toe gehanteerde over-the-top model waarin alle toepassingen gebruik maken van dezelfde verzameling functies in internet en cloud schiet hier tekort.</p>	
<p><b>Belang:</b> De nieuwe veeleisende toepassingen uit de sectoren, bijvoorbeeld augmented en extended reality (AR/XR), autonoom rijden, telerobotica stellen eisen die alleen met een veel nauwere verwevenheid tussen toepassing en netwerk haalbaar zijn.</p>	
<p><b>Waarom in Nederland?</b> De internationaal gezien sterk ontwikkelde vraagkant van gedigitaliseerde sectoren zorgt ervoor dat in Nederland de vraag naar de verwevenheid vroeg opkomt. Dit biedt kansen voor innovaties vanuit grote en kleine ontwikkelaars van software en netwerkcomponenten, die weer ten goede komen van de sectoren. Daarbij ontstaat een potentieel voor opschaling naar Europa en standaardisatie.</p>	
<p><b>Welke initiatieven zijn er al?</b> Nog beperkt tot individuele onderzoeksprojecten rondom innovaties op basis van (beyond) 5G technologie in domeinen als Industrie (o.a. tele-robotica, AR/VR/XR toepassingen) en Mobiliteit (o.a. autonoom rijden), zie o.a. het H2020 programma ICT-53-2020: 5G for Connected and Automated Mobility. Binnen 3GPP richt de Specification Group SA6 “Mission-critical applications” zich op het ontwikkelen van standaarden t.b.v. het uitwisselen van informatie tussen netwerk en applicaties.</p>	
<p><b>Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?</b> Precompetitief onderzoek van universiteiten in nauwe samenwerking met technologie leveranciers, netwerk operators, system integrators én partijen uit de toepassingsdomeinen, is van belang om onze kennis en ervaring op dit terrein uit te bouwen en een voorloperpositie voor NL te creëren in het ontwikkelen en leveren van met (beyond) 5G technologie geïntegreerde innovaties. Deze samenwerking is ook van belang voor de nodige beïnvloeding van standaardisatie en het verwerven van een sterke positie in de internationale open source community, die (met een basis-set van standaarden als uitgangspunt) hier ook gaat ontstaan.</p>	

BETROUWBARE NETWERKEN	Evolutie
<p><b>Technologie:</b> Op basis van grote hoeveelheden data over interne en externe invloeden op het functioneren van netwerken (variërend van configuratiefouten tot stroomuitval en van cyberaanvallen tot overstromingen) wordt de betrouwbaarheid van netwerken verhoogt door op maat gesneden verstevigingen, tools, en back-up systemen. Via transparantie en controle over de routing en opslag van data in de netwerken krijgen burgers en sectororganisaties beter grip en daarmee vertrouwen in de netwerken die zij gebruiken voor het uitwisselen van voor hen cruciale data. Door technische mogelijkheden om contracten en regelgeving digitaal te implementeren en uit te voeren wordt die grip ook juridisch hard gemaakt: normatieve controle. Dit kan door gebruik te maken van onder meer de segmentatie en isolatiemogelijkheden die programmeerbare netwerken bieden.</p>	
<p><b>Belang:</b> Uitval van communicatienetwerken kan verregaande economische en maatschappelijke consequenties hebben. Uitval kan het gevolg zijn van cyberaanvallen, maar ook van technische en menselijke fouten (bijvoorbeeld door misconfiguratie) of natuurgeweld, zoals overstromingen. Naast technische uitval is ook de betrouwbaarheid van netwerk van belang, want zonder vertrouwen in netwerken kunnen ze ook als ze technisch beschikbaar zijn niet worden gebruikt voor maatschappelijk vitale toepassingen. Hierbij hoort ook de mogelijkheid voor autoriteiten om handhavend te kunnen optreden in het digitale en het fysieke domein, op legitieme, ethische en proportionele manier.</p>	
<p><b>Waarom in Nederland?</b> Nederland heeft internationaal een reputatie op basis van zijn stabiele rechtssysteem en streven naar vrede en recht, en investeert daarom al in deze legal engineering voor normatieve controle.</p>	

**Welke initiatieven zijn er al?** Delft Safety & Security Institute, The Hague Security Delta, de Anti-DDoS coalitie (<https://nomoreddos.org>)

**Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?** Betrouwbare netwerken en normatieve controle gaan het belang van individuele bedrijven en sectoren te boven. Het onderzoek dat nodig is voor het veiligstellen is een algemeen belang dat vraagt om precompetitieve investeringen die bedrijven individueel niet kunnen doen. Het vraagt om samenwerking tussen verschillende organisaties waarbij kosten en baten niet gelijk verdeeld zijn.

## MULTI-OPERATOR NETWORKING

## Evolutie

**Technologie:** Het vergroten van de betrouwbaarheid en beschikbaarheid van netwerken voor (bedrijfs) kritische diensten door het combineren van de netwerken van meerdere operators. Dit kan door inzet van specifieke technieken en afspraken, bijvoorbeeld rondom het gebruik van netwerk slicing, voor specifieke toepassingen (bijvoorbeeld de veiligheidssector: mobile basisstation in vaarttuig of aan drone) en zelfs met niet-terrestrische netwerken (NTNs, zoals satellieten). Hierbij gaat het naast de basis connectiviteit ook om het borgen van de end-to-end dienstverlening waarbij ook network services zoals edge computing en application hosting worden gebruikt.

**Belang:** In de toenemend gedigitaliseerde maatschappij worden we steeds afhankelijker van onze netwerken. Netwerkstoringen kunnen ongelukken tot gevolg hebben, kritische processen tot stilstand brengen, en hulpdiensten lam leggen. Daarmee kunnen ze grote economische schade toebrengen. Hoge beschikbaarheid en naadloze toegang zijn dus van eminent belang. Betrouwbaarheid en beschikbaarheid borgen door deze op meerdere netwerken te zekeren lijkt daarbij een reële optie om economische schade te minimaliseren.

**Waarom in Nederland?** Omdat wij in NL al verregaand gedigitaliseerd zijn, op basis van netwerken en infrastructuur van hoge kwaliteit. Deze volgende stap in onze systemen en investeringen willen we baseren op technologieën die telkens worden doorontwikkeld in samenleving en markt.

**Welke initiatieven zijn er al?** In de leidende 3GPP standaardisatie is het gastgebruik van andere netwerken mogelijk (roaming). Een doorontwikkeling kan zijn dat voor toepassingen die een zeer hoge beschikbaarheid vergen een multi-operator variant wordt geformuleerd. Bij het zekeren van netwerkfuncties over meerdere netwerken, kunnen nieuwe technieken zoals slicing, edge computing en ORAN worden ingezet. Concrete initiatieven zijn er niet terwijl uit overheidstenders een wel een (meer dan) latente vraag naar multi-operator networking blijkt.

**Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?** Voor de hoge betrouwbaarheid van multi-operator netwerken zullen stakeholders op een nieuwe manier met netwerken interacteren. Hiervoor is vertrouwen in de goede technische oplossingen én onderlinge samenwerking nodig, uiteraard binnen de mededingingsrechtelijke kaders die hiervoor gelden. Precompetitieve versterking is nodig omdat het niet te verwachten is dat de stakeholders deze ontwikkeling eenzijdig kunnen dragen. De versterking is nodig op twee fronten. Technisch zouden aanvullende technische standaarden moeten worden ontwikkeld die multi-operator verbindingen mogelijk maken op verschillende niveaus in het netwerk. Daarnaast moet onderzocht worden welke aanvullende afspraken en architectuur nodig zijn om multi-operator diensten met zeer hoge betrouwbaarheid mogelijk te maken.

INDOOR DEKKING	Evolutie
<p><b>Technologie:</b> Combinaties van technische aanpakken en afspraken om de dekking van mobiele netwerken binnen woonhuizen en bedrijfspanden te verbeteren. Het gaat om het gebruik van de juiste materialen bij nieuwbouw en verbouwingen die mobiele signalen voldoende doorlaten en het slim benutten van bestaande en nieuwe infrastructuur in het gebouw voor transport. Dit moet worden gecombineerd met richtlijnen en voorschriften hiervoor gericht op architecten en bouwers.</p>	
<p><b>Belang:</b> Met steeds verdergaande digitalisering zijn gaten in de mobiele dekking en tekorten aan netwerkcapaciteit niet acceptabel omdat het groepen gebruikers en toepassingen buitensluit. Dit geldt ook binnen gebouwen van waaruit veel mobiele communicatie plaatsvindt: tussen personen en in toenemende mate naar applicaties en tussen sensoren. Tegelijkertijd wordt het technisch steeds laster om goede dekking te realiseren, bijvoorbeeld door de extra isolerende beglazing die bijdraagt aan de energiebesparing nodig van uit een andere grote uitdaging: de energietransitie. Bij de inzet van de hogere frequentiebanden (3.5 GHz, 26 GHz) voorzien voor 5G en 6G wordt het probleem groter omdat deze frequenties nog slechter doordringen in gebouwen.</p>	
<p><b>Waarom in Nederland?</b> Het realiseren van indoordekking hangt sterk af van de manier van bouwen, die per land anders is. Daarbij komt de energietransitie die per land andere uitgangspunten heeft. In Nederland worden de komende jaren nog veel nieuwe woningen gebouwd en bestaande woningen aangepast in het kader van de energietransitie, daarom is nu de tijd om de oplossingen te ontwikkelen.</p>	
<p><b>Welke initiatieven zijn er al?</b> Voor grote bedrijfspanden hebben de mobiele operators in samenwerking met BTG (Branchevereniging ICT en Telecommunicatie Grootgebruikers) een standaard voor in-house gedistribueerde antennesystemen gemaakt. Voor kleinere panden bestaat iets dergelijks niet.</p>	
<p><b>Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?</b> De oplossing voor indoor dekking vraagt om samenwerking tussen gebouwwontwerpers, overheid en mobiele industrie. Kosten en baten komen niet vanzelfsprekend op dezelfde plaats terecht tijdens het bouwen, dat leidt zonder andere aanpak tot kostbare aanpassingen achteraf.</p>	



**Technologie:** Met een doordachte combinatie van technieken kan de dekking in landelijke gebieden worden verbeterd, of juist op nieuwe plaatsen worden geboden zoals op de Noordzee. Het gaat daarbij om het creëren van dekking met een bepaalde minimale bandbreedte en betrouwbaarheid die afdoende is voor de huidige en toekomstige toepassingen. Hiervoor kunnen mobiele netwerken worden geïntegreerd met verschillende typen satellietverbindingen en nieuwe opties als High Altitude Platforms. Naast dekking kan zo ook worden gezorgd voor een fall-back infrastructuur voor het geval er een grootschalige uitval van de aardse netwerken is, voor de veiligheidssector, spoorwegen en andere maatschappelijk essentiële toepassingen.

**Belang:** Waar het lastig mogelijk is om vanuit de landelijke netwerken dekking te bieden is het kan met deze nieuwe combinatie van technieken in de vraag naar netwerkcapaciteit van gebruikers en toepassingen te voorzien. Daarnaast speelt is er een groeiende vraag naar dekking van grote delen van de Noordzee om daar energie, transport en veiligheidstoepassingen te ondersteunen.

**Waarom in Nederland?** Nederland loopt op het gebied van dekking in Europa en internationaal voorop. Voor de noodzakelijke verbeteringen zal het initiatief vanuit Nederland moeten komen. Dit biedt later de mogelijkheid om oplossingen naar andere landen te exporteren als die ook verdere stappen in de dekking willen maken.

**Welke initiatieven zijn er al?** In standaardisatie wordt gewerkt aan integratie van satcom met 5G. Eerste op standaarden gebaseerde producten komen waarschijnlijk rond 2024. Doel is om met een device ter grootte van een mobiele telefoon direct met een Low Earth Orbit (LEO) satelliet te kunnen communiceren. Er zijn diverse satcom partijen die met nieuwe commerciële LEO systemen op de markt komen (b.v. Starlink, OneWeb, ViaSat). Er zijn ook partijen die met HAPS bezig zijn. Google is gestopt met hun project Loon. Maar bijvoorbeeld KDDI uit Japan heeft een oplossing voor HAPS die ze wereldwijd bij operators promoten. In Nederland zijn (groeifonds)voorstellen in ontwikkeling waarin satcom wordt gecombineerd met mobiele netwerken en optisch-draadloze communicatie.

**Welke precompetitieve nationale versterking is nodig?**

Om de dekking een schielsprong te laten maken is een precompetitief traject met meerdere mobiele operators en verschillende sectoren (energie, agri, overheid) nodig om de nieuwe technische aanpakken en samenwerkingsvormen te ontwikkelen.

## BIJLAGE C: SECTORINITIATIEVEN

Voor de uitwerking van het Future Network Services position paper heeft er een brede consultatie plaats gevonden met diverse stakeholders in verschillende sectoren. Op basis van deze interviews en gesprekken is een eerste overzicht opgesteld van relevante initiatieven waar in een vervolgfase vanuit het FNS-consortium een verdere samenwerking mee gezocht zou moeten worden. Het idee is om per sector aan te sluiten op lopende initiatieven voor data delen. Deze worden gebundeld met de geplande innovaties in network services en gecoördineerd ingebracht in Europese projecten en consortia om schaalgroottes te bereiken.

Het onderstaande overzicht zal in een vervolgfase verder moeten worden aangevuld, maar biedt nu een eerste overzicht van relevantie initiatieven vanuit de topsectoren, brancheorganisaties of andere specifieke sectorinitiatieven.

INDUSTRIE
<p><b>Brainport Industry Campus (BIC)</b>  <a href="https://www.brainportindustries.com/nl">https://www.brainportindustries.com/nl</a></p>
<p><b>World Class Maintenance</b> – Netwerk voor ‘smart maintenance’ in Nederland.            Doelstelling is 100% voorspelbaar onderhoud in de Nederlandse industrie door slimme onderhoudskennis te ontwikkelen, te verspreiden en toe te passen. De projecten op het gebied van slim onderhoud dragen bij aan een verlengde asset life time, aan een betere mobiliteit, aan de noodzakelijke energietransitie, aan kennisontwikkeling en last but not least, aan de Nederlandse concurrentiekracht.  <a href="https://www.worldclassmaintenance.com/">https://www.worldclassmaintenance.com/</a></p>
<p><b>Smart Manufacturing</b>            Smart Industry hub Zuid-West SMITZH <a href="https://smartindustry.nl/hubs/zuid-west">https://smartindustry.nl/hubs/zuid-west</a>            Smart Industry hub Noord <a href="https://smartindustry.nl/hubs/noord">https://smartindustry.nl/hubs/noord</a>            Smart Industry hub Zuid <a href="https://smartindustry.nl/hubs/zuid">https://smartindustry.nl/hubs/zuid</a></p>
<p><b>FME</b>            Platform AI <a href="https://www.fme.nl/onze-missie/technologische-transities/artificial-intelligence/fme-platform-ai-industry">https://www.fme.nl/onze-missie/technologische-transities/artificial-intelligence/fme-platform-ai-industry</a>            Verschillende brancheverenigingen in verschillende sectoren <a href="https://www.fme.nl/brancheverenigingen">https://www.fme.nl/brancheverenigingen</a></p>
<p><b>NPAL:</b> Noordelijke Productiviteitsalliantie.  <a href="https://www.npal.nl/">https://www.npal.nl/</a></p>
<p><b>ISPT:</b> Institute For Sustainable Process Technology  <a href="https://ispt.eu/">https://ispt.eu/</a></p>
<p><b>Artemis Industry Association:</b>            Internationale samenwerking: Artemisia (industry association) met bijdrage aan ECS (Electronics Components and Systems)</p>
<p><b>Holland Semiconductors</b>  <a href="https://hollandsemiconductors.nl/">https://hollandsemiconductors.nl/</a></p>
<p><b>Cluster van HighTech NL</b>  <a href="https://www.hightechnl.nl/holland-semiconductors/">https://www.hightechnl.nl/holland-semiconductors/</a>            Diverse Smart Industry hubs in Nederland</p>
<p><b>5G Alliance for Connected Industries and Automation (5G-ACIA)</b>  <a href="http://www.5g-acia.org">www.5g-acia.org</a></p>
<p><b>Photon Delta</b>  <a href="https://www.photondelta.com">https://www.photondelta.com</a></p>
<p><b>PITC</b>  <a href="https://pitc.nl/">https://pitc.nl/</a></p>

**AGRI**

**Precisielandbouw 4.0** (PPS) geleid door de WUR, waarin de datapositie van de boer wordt onderzocht in de praktijk.

Het consortium is al in het einde van het 2e jaar:

<https://www.wur.nl/nl/Onderzoek-Resultaten/Onderzoeksprojecten-LNV/Expertisegebieden/kennisonline/Precisielandbouw-4.0.htm>

<https://www.wur.nl/nl/Publicatie-details.htm?publicationId=publication-way-353733313531>

**NXTGEN HIGHTECH** programma, waarin onder andere een aantal use cases worden gedefinieerd voor de agrarische Industry. Deze use cases zullen in de praktijk op bedrijven worden uitgevoerd en daar is connectiviteit een belangrijke pilaar. FME is de trekker hierin, contactpersoon Marcel van Haren (marcel.van.haren@fme.nl). Het project is beoogd te starten in April 2022.

**Innovation Quarter (IQ):** ontwikkelingsmaatschappij Zuid-Holland.

<https://www.innovationquarter.nl/>

**Royal Flora Holland**, coöperatieve veiling.

<https://www.royalfloraholland.com/>

**AUTOMOTIVE/MOBILITY**

**CCAM Partnership** (Connected, Cooperative & Automated Mobility).

[www.ccam.eu/](http://www.ccam.eu/)

Europese samenwerking met focus op samenwerking binnen het Horizon Europe programma.

Contact zou kunnen via bijv. Margriet van Schijndel (TU/E).

**RAI AutomotiveNL** (branchevereniging)

Recent Groeifonds subsidie voorstel DRICCAM gedaan voor fase 2 met 17 partners (TomTom lead).

Dit voorstel gaat over het delen van mobility data.

**Helmond Automotive Campus**

De Automotive Campus in Helmond, gelegen in de Brainport Regio, is de nationale en internationale hotspot, ontmoetingsplek en een potentiële businesslocatie voor automotive bedrijven. De Automotive Campus biedt een aantrekkelijke omgeving voor leren en werken, een state-of-the-art technologie en aanverwante (test-) faciliteiten, evenals flexibele woonconcepten.

<https://www.automotivecampus.com/nl/home>

**Transport en Logistiek Nederland (TLN)**

[www.tln.nl](http://www.tln.nl)

**SmartWayz**

SmartwayZ.NL is hét innovatieve mobiliteitsprogramma in Zuid-Nederland om bereikbaarheid te verbeteren en innovatie te stimuleren. De aanpak varieert van het ontwikkelen van slimme oplossingen tot het verbreden van snelwegen en het verbeteren van vervoersknooppunten. Meer dan 150 partners werken binnen het programma samen, waaronder het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat, de provincies Noord-Brabant en Limburg, diverse gemeenten, bedrijven en kennisinstellingen. Samen realiseren we het slimste mobiliteitssysteem van Nederland.

<https://www.smartwayz.nl/nl/over-ons/>

**ANWB**

[www.ANWB.nl](http://www.ANWB.nl)

**Rijkswaterstaat**

**RDW**

**Min I&W**

**ILT**

**Car-2-car** communications consortium

[www.car-2-car.org](http://www.car-2-car.org)

**C-ROADS,**

[www.c-roads.eu](http://www.c-roads.eu)



**ENERGIE**

**Energie-Nederland** (Branchevereniging van energiebedrijven)

<https://www.energie-nederland.nl/>

**VEMW** - Energie grootgebruikers belangenbehartiger (kenniscentrum en dé belangenbehartiger voor de zakelijke elektriciteit- gas- en waterafnemers in Nederland)

<https://www.vemw.nl/Over%20VEMW/VEMW/Belangenbehartiger.aspx>

**Netbeheerder Nederland** (vereniging van alle elektriciteit- en gasnetbeheerders van Nederland)

<https://www.netbeheernederland.nl/vereniging>

**Topsector Energie**

<https://www.topsectorenergie.nl/>

**ElaadNL** is the knowledge and innovation centre in the field of Smart Charging and the charging infrastructure in the Netherlands and is an initiative of the Dutch grid operators.

[www.Elaad.nl](http://www.Elaad.nl)

**Utility Connect** biedt draadloze datacommunicatie via haar netwerk dat in het bijzonder geschikt is voor (maar niet beperkt is tot) maatschappelijk belangrijke machine-to-machine toepassingen van (semi) publieke partijen. Utility Connect is een joint venture van Alliander en Stedin.

[www.utilityconnect.nl](http://www.utilityconnect.nl)

**ENCS** (European Network for Cyber Security)

Non-profit organisatie van de energie netwerk operators met missie om de Cyber Security kennis onder energie netwerkoperators te delen.

[www.ENCS.EU](http://www.ENCS.EU)

**ENTSO-E** (European association for the cooperation of transmission system operators (TSOs) for electricity)

[www.entsoe.eu](http://www.entsoe.eu)

**HEALTH**

**Top Sector** Life Science & Health - Health-Holland

[www.health-holland.com](http://www.health-holland.com)

**MedTech** – neutraal platform voor kennisdeling en analyse op gebied van zorg, technologie en maatschappij.

<https://medtechnederland.nl/>

**HealthRI** – public-private partnership with the mission to build an integrated health data research infrastructure

<https://www.health-ri.nl/>

e/MTIC – Eindhoven MedTech Innovation Center

**GENERIEKE BELANGENBEHARTIGING BEDRIJFSLEVEN**

**BTG**

Achterban met o.a. industrie, mobiliteit, logistiek, overheid, health

**5G-innovatienetwerk**

Het 5G-innovatienetwerk is een initiatief van het ministerie van Economische Zaken en Klimaat en NL Digital, met ondersteuning van ECP. Het innovatienetwerk is ook onderdeel van het Handvest 5G.

<https://www.nederlanddigitaal.nl/initiatieven/het-5g-innovatienetwerk>

**TOPSECTOR SAMENWERKING**

Topsector HTSM / Holland High Tech

Topsector Energie

Topsector Agri &amp; food

Topsector Water en Maritiem

Topsector Life Sciences &amp; Health

Topsector Logistiek

**MAATSCHAPPELIJKE UITDAGINGEN**

Energietransitie en Duurzaamheid

Gezondheid en Zorg

Veiligheid

Landbouw, Water en Voedsel

Maatschappelijk verdienvermogen

Sleuteltechnologieën

**NL COMMUNICATIE NETWERKEN FIELDLABS**

Do IoT Fieldlab

5Groningen

5G Hub Eindhoven (Ericsson, Vodafone)

# COLOFON

Dit position paper is geschreven in opdracht van Team dutch digital delta.



Het bevat de gezamenlijke inzichten en ambities van de volgende kernpartners (in alfabetische volgorde): **KPN** – Eric Smeitink, **T-Mobile** – Fred Herrebout en Han van Bussel, **TNO** – Pieter Nooren, Pascal Heijnen, Paul Wijngaard en Jarmo Wilkens, **TU Delft** – Fernando Kuipers, **TU Eindhoven** – Sonia Heemstra de Groot en Bart Smolders, **Universiteit Twente** – Geert Heijenk en Hans van den Berg, **VodafoneZiggo** – Jeroen Zaalberg.



**TNO** innovation  
for life

**TU**Delft

**TU/e**

**UNIVERSITY  
OF TWENTE.**

**vodafone**  **Ziggo**



Agentschap Telecom  
Ministerie van Economische Zaken  
en Klimaat

Agentschap Telecom – René Vroom en Taco Kluwer – hebben als kennispartner aan dit position paper een bijdrage geleverd.

Verder danken we de volgend personen voor het delen van hun kennis en inzicht via sectorinterviews, inhoudelijke tekstbijdrage of tijdens de review van het paper:

Arjan Walinga (Bouwend Nederland), Alex Chiumento (UT), André Kokkeler (UT), Anna Sperotto (UT), Arnold Stokking (Brightsite), Berry Mulder (Shell), Bram Nauta (UT), Brian de Bart (NXP), Corne Kempenaar (WUR), Cristian Hesselman (SIDN/UT), Daan Bos (Stedin), Doeco Terpstra (NXP), Eduward Tangdiongga (TU/e), Ewout Brandsma (Philips), Guido Steusel (Tennet), George Exarchakos (TU/e), Harold Veldkamp (Topsector energie), Ignas Niemegeers (TU/e), Jacob de Vlieg (TU/e), Jan Haagh (TU/e), Jan Post (Philips), Jacqueliën Scherpen (RUG), Jos Vreugdenhil (Pon), Kees Negggers, Kishor Chandra Joshi (TU/e), Maarten van Steen (UT), Marcel van Haren (FME), Marco Gerards (UT), Margriet van Schijndel (TU/e), Mark-Matthijs Kattenberg (HERE), Nicola Calabretta (TU/e), Oded Raz (TU/e), Pallas Agterberg (Alliander), Patrick van Beers (Philips), Paul van den Broek (itec/Nexperia), Paul Havinga (UT), Peter Groot Koerkamp (WUR), Peter Molengraaf, Peter van der Vlugt (Kubota Holdings Europe), Roland van Rijswijk-Deij (UT), Sander van Dasselaar (Schneider Electric), Sander Bronckers (TU/e), Staf Seurinck (ABB), Suzan Bayhan (UT), Ton Koonen (TU/e), Wilko van de Langenberg (Vanderlande) en Wim Vossebelt (V-tron).

Contact: [paul.wijngaard@tno.nl](mailto:paul.wijngaard@tno.nl)

November 2021





410.23

555.74

818.71  
993.28

.09

200.84

64.85

957.87

306.13

88.62

502.54

921.50

015.73



