

TNO PUBLIEK

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport**TNO 2020 R11669 | v1.1***Monitor Draadloze Technologie**Najaar 2020*

Datum november 2020

Auteur(s) Dr. Ir. N.W. Keesmaat, Ir. R. Overduin, Dr. Ir. M.R. Vonder, Dr. H. Zhang

Opdrachtgever Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnaam Monitor Draadloze Technologie 2020
Projectnummer 060.42829

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2020 TNO

TNO PUBLIEK

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Het 'speelveld' van draadloze communicatie	3
1.2	De Monitor Draadloze Technologie	3
2	Nabeschouwing Multibandveiling 2020.....	5
2.1	Inleiding	5
2.2	De uitkomsten van de MBV en beschouwing hiervan	5
3	Status en voortgang van de 5G-standaardisatie	8
3.1	Overzicht.....	8
3.2	Release 16: bereikte resultaten	9
3.3	Release 17: de scope	11
4	5G voor de gezondheidszorg	13
4.1	Inleiding	13
4.2	eHealth use cases en hun relevantie voor 5G	13
4.3	eHealth binnen het project 5G-HEART	16
4.4	Nadere mondiale oriëntatie rond 5G voor de gezondheidszorg.....	18
5	Ondersteuning van logistieke processen door 5G	20
5.1	Inleiding	20
5.2	Toepassingen van 5G in de logistiek.....	20
6	5G pilots en field labs in Nederland.....	24
6.1	VodafoneZiggo in Eindhoven	24
6.2	KPN in Eindhoven.....	25
6.3	KPN in Amsterdam	26
6.4	KPN in Valthermond	26
6.5	KPN in Helmond	26
6.6	KPN in Rotterdam.....	27
6.7	T-Mobile NL in Den Haag	27
6.8	5Groningen in de provincie Groningen.....	28
6.9	DoloT in Delft en Katwijk/Valkenburg	29
6.10	5G-Mobix in Helmond	29
6.11	5G-Test Lab bij TNO.....	30
6.12	Beoogd Noordzee field lab	31
6.13	Concluderend	33
7	Tot besluit.....	34

1 Inleiding

Om overzicht te bieden in het speelveld van de diverse draadloze technologieën stelt TNO sinds een aantal jaren een Monitor Draadloze Technologie samen. Hierin worden de ontwikkelingen in de technologie en de markt gevolgd.

In dit inleidende hoofdstuk wordt de opzet en de scope van de najaarseditie 2020 van de Monitor Draadloze Technologie, kortweg 'de Monitor', uiteengezet.

1.1 Het 'speelveld' van draadloze communicatie

Op het gebied van draadloze technologie spelen de laatste tijd vooral ontwikkelingen rondom de mobiele technologie van 5G. Deze nieuwe generatie mobiele technologie verschilt wezenlijk met de voorgaande generaties: 5G belooft niet alleen het nog steeds aanzienlijk groeiende mobiele dataverkeer te accommoderen maar zal via één onderliggend netwerk innovatieve toepassingen breed beschikbaar maken voor zowel consumenten als professionele gebruikersgroepen. Het beschikbaar komen van de geveilde frequentieruimte in de banden 700, 1400 en 2100 MHz vormt een belangrijke stap in de totstandkoming van commerciële 5G, naast het opvangen van de groei van het dataverkeer via 4G. In deze Monitor-editie zal dan ook aandacht worden gegeven aan de uitkomst van deze veiling.

In de eerste commerciële 5G-netwerken zal nog gebruik worden gemaakt van systeemdelen van 4G (LTE). In deze initiële 5G-netwerken zal de snelheid nog niet zijn zoals deze uiteindelijk in 5G wordt voorzien. Ook zal differentiatie van gebruikersgroepen nog niet plaatsvinden zoals uiteindelijk wel beoogd. Niettemin is dit jaar het eerste commerciële 5G-netwerk in Nederland een feit en zijn tegelijkertijd MNO's (Mobiele Netwerk Operators) en andere belanghebbenden volop bezig met het ontplooiën van testnetwerken en het organiseren en uitvoeren van beproevingen waarbij niet alleen de industrie en academische instellingen maar ook de toekomstige gebruiker (in brede zin) zijn betrokken. In deze editie is een overzicht opgenomen van enkele belangrijke ontwikkelingen en initiatieven op dit vlak.

Zoals de laatste jaren steeds het geval is geweest, zal eveneens in deze editie de stand van zaken en voortgang van de 5G-standaardisatie worden aangegeven. Deze bepaalt immers de timing van geharmoniseerde 5G-systemen en geeft daardoor een idee van de commerciële beschikbaarheid van 5G-netwerken.

Als concrete illustraties van de mogelijke rol van 5G worden twee voor met name Nederland belangrijke toepassingssectoren ofwel *verticals* toegelicht. Het gaat hier om de sectoren gezondheidszorg en logistiek.

1.2 De Monitor Draadloze Technologie

Met de Monitor Draadloze Technologie wil TNO een actueel en toegankelijk overzicht bieden van de stand van zaken ten aanzien van de ontwikkeling en inzet van draadloze technologie. De Monitor Draadloze Technologie tracht verschillende doelgroepen te bedienen bij overheid en bedrijfsleven in Nederland. Dit betekent dat de Monitor erop gericht is om informatief te zijn voor lezers met een algemene

achtergrond in de telecommunicatie. In principe worden wereldwijde ontwikkelingen gevolgd vanuit een nationaal perspectief.

Evenals vorige jaren is ook in 2020 ervoor gekozen om de informatie te ontsluiten in twee edities van het rapport, met een voorjaars- en najaarseditie met recente trends en ontwikkelingen:

- Voorjaarseditie 2020: deze editie geeft een overzicht van enige ontwikkelingen vanuit technologisch perspectief. Per technologie is kort de stand van zaken beschreven. Deze voorjaarseditie is uitgebracht in juni 2020;
- Najaarseditie 2020: deze editie is gericht op een aantal trends en specifieke toepassingen van draadloze communicatietechnologie. Dit is de rapportage die nu voor u ligt. Hierin worden achtereenvolgens de volgende onderwerpen behandeld:
Eerst wordt in Hoofdstuk 2 een korte nabeschuiving gegeven van de Nederlandse Multibandveiling (MBV) waarin frequentiebanden op 700, 1400 en 2100 MHz zijn geveild onder de drie MNO's die in Nederland actief zijn. Vervolgens worden in Hoofdstuk 3 de status en voortgang besproken van de 5G-standaardisatie rond de releases 16 en 17.
In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de rol van 5G in de gezondheidszorg. Aansluitend wordt in Hoofdstuk 5 toelichting gegeven op 5G binnen het toepassingsgebied logistiek.
Hoofdstuk 6 geeft tot slot weer welke 5G-pilots en -field labs in Nederland actief zijn of op dit moment worden voorzien. In deze schets is volledigheid niet nagestreefd; de bedoeling is om een overzicht te bieden van op het moment van schrijven duidelijk manifeste initiatieven.

TNO hecht eraan te benadrukken dat de Monitor Draadloze Technologie een momentopname is van een complex en snel veranderend speelveld. Het is daarom mogelijk dat opgenomen informatie op het moment van lezen niet meer up-to-date is of niet langer relevant. Daarnaast wordt er per editie een selectie gemaakt in relevante onderwerpen en kunnen niet alle ontwikkelingen worden beschreven. TNO staat open voor suggesties of aanbevelingen voor verdere verbeteringen.

2 Nabeschouwing Multibandveiling 2020

2.1 Inleiding

Van 29 juni tot en met 21 juli 2020 vond de Nederlandse Multibandveiling (MBV) plaats voor de verdeling van frequentieruimte in de banden 700, 1400 en 2100 MHz. Het oogmerk van deze veiling was om herverdeelde en nieuwe frequenties ter beschikking te stellen om zowel de groei in het mobiele dataverkeer te faciliteren, vooral door de 1400 en 2100 MHz-band, als nieuwe mobiele dienstverlening te ontwikkelen in de 700 MHz-band. Concreet betreft dit de inzet van 4G of 5G-technologie.

Op deze drie banden waren in totaal 26 vergunningen met elk een looptijd van twintig jaar verkrijgbaar. Aan de vergunningen zijn concrete verplichtingen rond de levering van kwaliteit aan bedrijven en consumenten verbonden: aan iedere MNO wordt de eis gesteld dat de dekking 98% moet zijn van de oppervlakte van elke Nederlandse gemeente terwijl daarbij de eis aan providers is levering van minimaal 8 Mbit/s na 2 jaar en minimaal 10 Mbit/s na zes jaar. Dit moeten leiden tot een gemiddelde ervaren datasnelheid per gebruiker van minimaal 100 Mbit/s¹. De 3,5 GHz-band werd in deze veiling niet opgenomen. De veiling van deze band staat gepland voor begin 2022¹. Wanneer de 26 GHz-band geveild zal worden, is momenteel nog onzeker.

Het aantal toegelaten deelnemers van de Nederlandse MBV betrof alle huidige MNO's in Nederland: KPN, VodafoneZiggo en T-Mobile NL. Om tot en met 2040 voldoende onderlinge concurrentie te kunnen waarborgen, is de inrichting van deze veiling zodanig geweest dat het totaal van de huidige en nieuwe vergunningen van een willekeurige MNO niet boven 40% van het totaal aan beschikbare spectrumruimte kon uitkomen¹.

2.2 De uitkomsten van de MBV en beschouwing hiervan

Tabel 1 geeft de verdeling aan van het aantal vergunningen na afloop van de veiling.

Tabel 1: Verdeling van het aantal geveilde vergunningen over de MNO's per band [2]

MNO	700 MHz-band	1400 MHz-band	2100 MHz-band	Totaal per MNO
KPN	2	3	4	9
T-Mobile NL	2	2	4	8
VodafoneZiggo	2	3	4	9
Totaal	6	8	12	26

Opvallend is dat het aantal vergunningen over de partijen vrijwel gelijkmatig verdeeld is. Dit geldt ook voor de gemaakte kosten aangezien de prijs van een vergunning vrij constant circa 400 miljoen Euro bedraagt. De MBV heeft in totaal 1,23 miljard Euro opgebracht. Hiermee werd de reserveprijs ruim 34,5%

¹ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-41318.html> en www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/07/21/kpn-t-mobile-en-vodafoneziggo-verwerven-frequenties-via-nederlandse-veiling-mobiele-communicatie

overschreden². Anderzijds was de veilingopbrengst nog geen derde van het totaalbedrag van de 4G-veiling die destijds 3,8 miljard Euro bedroeg³.

De relatie tussen vergunningen en spectrum is wat genuanceerder. Deze hangt af van de frequentieband^{4,5} zoals aangegeven in Tabel 2.

Tabel 2: Relatie tussen vergunningen, beschikbaar spectrum en kavelgrootte per band [4,5]

Band [MHz]	Type vergunning	Beschikbaar spectrum [MHz]	Kavelgrootte [MHz]	Aantal beschikbare vergunningen
700	K	2x30	2x5	6
1400	L	1x40	1x5	8
2100	M	2x60	2x5	12

Wanneer we de gegevens uit Tabel 1 en Tabel 2 combineren en daar ook het spectrum bij voegen dat de diverse MNO's al in gebruik hadden dan resulteert de totale (her)verdeling van alle communicatiespectrum in het lagere frequentiedeel over de MNO's⁶ zoals in Tabel 3 aangegeven.

Tabel 3: Totale herverdeling van communicatiespectrum in het lagere frequentiedeel per MNO. Met rood is het nieuw verworven spectrum aangegeven [6]

MNO	Frequentieallocatie per band [MHz]								Totaal [MHz]
	700	800	900	1400	1800	2100	2600-p	2600-u	
KPN	2x10	2x10	2x10	15	2x20	2x20	2x10	30	205
T-Mobile NL	2x10	2x10	2x15	10	2x20	2x20	2x25	30	240
VodafoneZiggo	2x10	2x10	2x10	15	2x20	2x20	2x30	0	215
Totaal [MHz]	60	60	70	40	120	120	130	60	660

Uit Tabel 3 is af te leiden dat het totaal aan spectrum dat na afloop van de veiling beschikbaar is voor mobiele communicatie, over alle MNO's binnen 16% ligt van het gemiddelde per MNO beschikbare spectrum van 220 MHz. Er is zelfs sprake geweest van een geringe nivellering doordat T-Mobile NL iets minder spectrum heeft gewonnen dan de andere twee MNO's (die elk evenveel hebben verworven).

Tenslotte is onderstaand in Figuur 1 voor iedere MNO in Nederland de spectrale spreiding gegeven van hun bestaande en nieuw verworven frequenties. Hieruit ontstaat voor elke MNO inzicht in hoeverre de frequentiebanden aaneengesloten zijn of niet. Alle MNO's beschouwd, blijkt uit deze verdeling dat de onderlinge verschillen in fragmentatie per band niet groot zijn. Voor de nieuw verworven frequenties bestaat zelfs alleen voor 1400 MHz een klein verschil waarbij T-Mobile NL twee-derde heeft van de ruimte van elke andere MNO. Daar staat weer tegenover dat het oorspronkelijke bezit van T-Mobile NL in de 1800 MHz-band anderhalf maal dat van de andere twee MNO's is en dat bovendien de spreiding van frequenties van T-Mobile NL in de 2600 MHz-deelbanden zodanig is dat daar twee geïsoleerde blokken van 5 MHz aanwijsbaar zijn.

² www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/07/21/kamerbrief-uitkomsten-multibandveiling

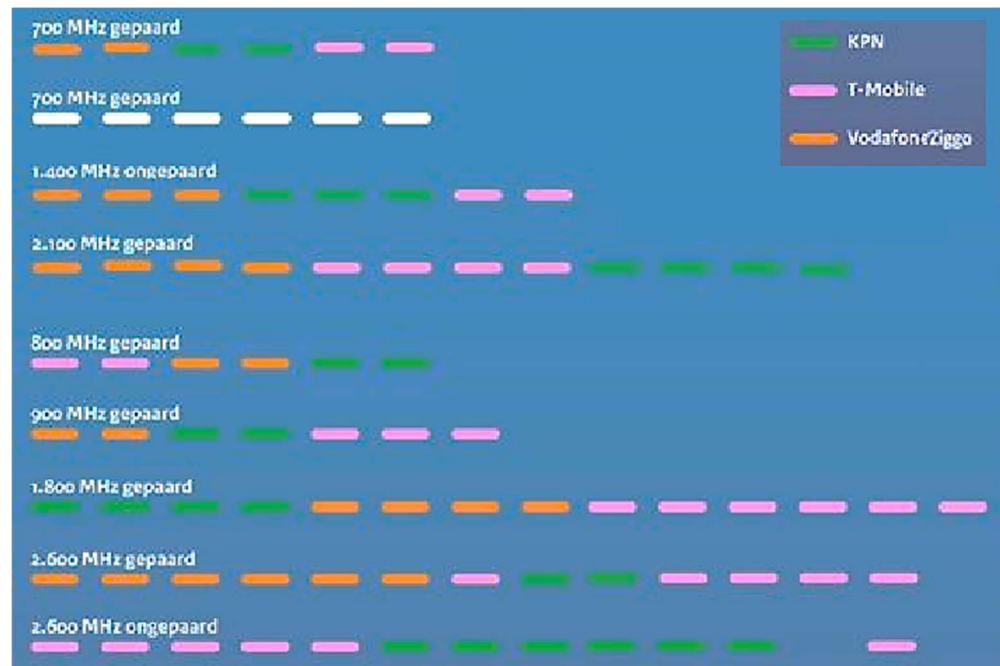
³ Webinar Telecompaper over de MBV2020

⁴ <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2020-13725.html>

⁵ www.internetconsultatie.nl/multibandveiling <Bijlage 4 Toelichting Vergunningen MBV>

⁶ www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2020/07/21/verdeling-frequenties-mobiele-communicatie-na-multibandveiling-juli-2020

Voor wat betreft aaneengesloten frequentieblokken, met name van belang voor breedbandig mobiele dienstverlening, kan geconstateerd worden dat in de gepaarde of ongepaarde 2600 MHz-deelbanden, en in geval van T-Mobile NL in beide, aaneengesloten blokken van 20-30 MHz beschikbaar zijn. Voor de spectrumruimte op 2100 MHz bedraagt deze voor iedere MNO 20 MHz. Voor 700 MHz is dit 10 MHz. Deze fors lagere bandbreedte moet echter worden gezien in samenhang met de beoogde landelijke dekking van de 700 MHz-band; hogere 4G en 5G-frequenties zijn bestemd voor de levering van capaciteit.



Figuur 1: Spectrale spreiding van de frequentieruimte per MNO in blokken van 5 MHz [6]

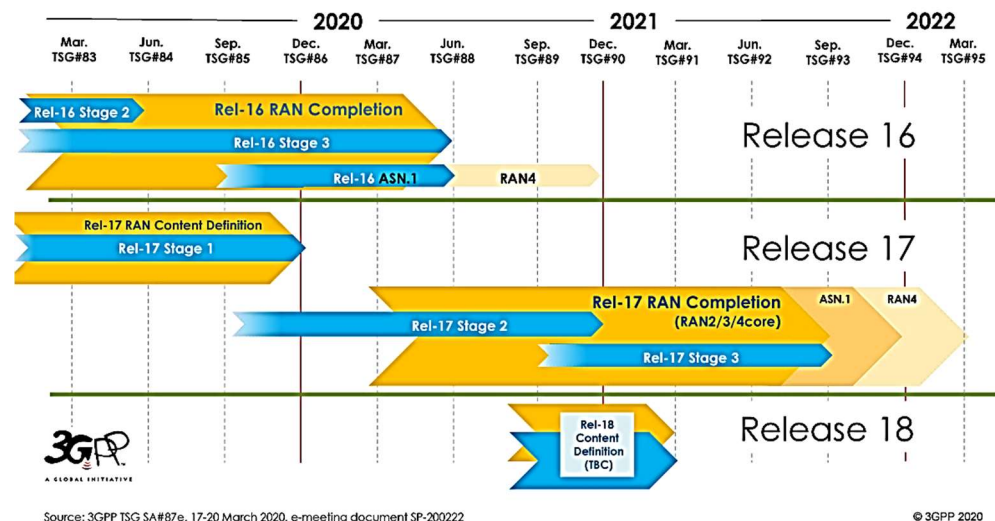
Al met al ontstaat het beeld dat met deze spectrale verdeling voor iedere MNO de mogelijkheden voor de inzet van mobiele technologie in zowel nieuw verkregen als bestaande frequenties evenwichtig is voor de komende 20 jaar.

3 Status en voortgang van de 5G-standaardisatie

3.1 Overzicht

Tot augustus 2020 zijn 92 commerciële 5G-netwerken uitgerold in 38 landen⁷. In Nederland zal 2020 het jaar worden waarin alle MNO's: KPN⁸, T-Mobile NL⁹ en VodafoneZiggo¹⁰, hun 5G-diensten hebben aangeboden. De meeste, en in Nederland alle, commerciële 5G-netwerken zijn gebaseerd op de *non-standalone* (NSA) versie van 5G Release 15¹¹. Deze is gericht op het aanbieden van toepassingen die werken op hoge datasnelheid. Onlangs zijn operators gaan investeren in de *standalone* (SA) modus van 5G Release 15¹², met name gedreven door de verbeterde mogelijkheden om Internet-of-Things (IoT)-bedrijfstoeepassingen te ondersteunen.

Figuur 2 geeft de huidige 3GPP-tijdplanning weer voor de eerstvolgende Releases: 16, 17 en (nog te bevestigen) voor Release 18.



Figuur 2: Tijdlijnen voor Releases 16, 17 en (onder voorbehoud van bevestiging) Release 18

3GPP heeft in juni 2020 Release 16 van 5G bevroren¹³. Dit is een verdere vertraging van drie maanden dan we een jaar geleden in de Monitor hebben gemeld¹⁴, waarmee de vertraging ten opzichte van het oorspronkelijke plan is opgelopen tot zes maanden. Release 16 richt zich op algemene verbeteringen in de systeemefficiëntie en het vergroten van de scope van 5G zoals een grotere verscheidenheid aan toepassingen en het kunnen gebruiken van licentievrij spectrum door 5G.

⁷ <https://gsacom.com/paper/5g-market-snapshot-august-2020/>

⁸ www.kpn.com/netwerk/5g.htm

⁹ www.t-mobile.nl/mobiel/netwerk/5g

¹⁰ www.vodafoneziggo.nl/nieuws/vodafone-start-met-5g-nederland/

¹¹ www.3gpp.org/release-15

¹² <https://gsacom.com/paper/5g-sa-august-2020-member-report/>

¹³ www.3gpp.org/release-16

¹⁴ <http://publications.tno.nl/publication/34635031/QIs0sA/TNO-2019-R11692.pdf>

In Release 17 zullen verdere 5G-systeemverbeteringen worden opgenomen¹⁵. De oplevering van de dienovereenkomstige standaarden staat gepland voor 2021. De inhoud van Release 17 is net voor *Stage 1* (beschrijving dienst vanuit de gebruiker) in december 2019 gedefinieerd, terwijl de belangrijkste specificatiewerkzaamheden voor Release 17 van start gaan in de tweede helft van 2020. Dit is qua timing op de helft van *Stage 2* (functionele architectuur). Het is echter niet uit te sluiten dat de planning voor Release 17 zal verschuiven als gevolg van de impact van COVID-19 waardoor fysieke vergaderingen zijn vervangen door e-meetings die minder efficiënt bleken.

Het ligt voor de hand dat te zijner tijd ook in standalone 5G-netwerken binnen Nederland nieuwe functionaliteiten van Releases 16 en 17 op zullen worden genomen.

3.2 Release 16: bereikte resultaten

Release 16 voldoet aan de ITU IMT-2020 *submission requirements*¹⁶ voor 5G. De essentie van deze requirements is het doel om 5G flexibeler, betrouwbaarder en veiliger te maken dan de vorige generaties mobiele netwerken en wel bij het leveren van diverse diensten in de beoogde drie gebruiksscenario's¹⁷. Zoals vermeld in de voorgaande paragraaf richt Release 16 zich op algemene verbetering van de systeemefficiëntie en het vergroten van de scope van 5G¹⁸. Voor wat betreft 5G-efficiëntieverbeteringen van technische functies heeft Release 16 met name het volgende gespecificeerd:

- Verbeterde massive MIMO (Multiple Input Multiple Output): verminderde overhead, grotere betrouwbaarheid en energie-efficiëntie, beter beheer van de straalbundels (*beams*) et cetera;
- Verdere verbetering van de efficiëntie van de gebruikersapparatuur ofwel UE (User Equipment);
- Mobiliteitsverbeteringen: kortere overdrachtsonderbrekingstijd en verbeterde robuustheid;
- Verbeteringen in *carrier aggregatie* (CA) en *dual connectivity* (DC);
- Zelforganiserende netwerken (SON) en *Minimalisation of Drive Tests* (MDT). MDT betreft het uitvoeren van metingen via de UE om informatie te verzamelen over hoe het netwerk werkt. Dit ter vervanging van de traditionele, relatief dure testen door operators vanuit het netwerk;
- Het tegengaan van interferentie, vooral ten behoeve van Time Division Duplexing (TDD: de manier waarop up- en downlink van elkaar zijn gescheiden). Het gaat dan om *ducting* interferentie tussen de TDD up- en downlink, *cross-link* interferentie tussen naburige apparaten met verschillende TDD-configuraties;
- Verbetering van de zogenaamde Ultra-Reliable Low-Latency Communications (URLLC). Specifiek betekent dit het realiseren van een hogere betrouwbaarheid, tot 99,9999 procent, en een lagere vertraging en wel in de orde van 0,5 tot 1 ms. Dit wordt vooral bereikt via verbeteringen op radiosignaalniveau;

¹⁵ www.3gpp.org/release-17

¹⁶ www.itu.int/pub/R-REP-M.2410-2017

¹⁷ Enhanced Mobile Broadband (eMBB), Ultra-Reliable and Low-Latency Communications (URLLC) en Massive Machine Type Communications (mMTC)

¹⁸ <https://vimeo.com/437489704>

- Snellere toegang tot het communicatiekanaal. Dit betreft de bekorting van de *random access* (RACH)-procedure van vier stappen zoals gedefinieerd in Release 15 naar twee stappen in Release 16;
- Geïntegreerde toegang tot UE en draadloze *backhauling* vanaf het basisstation ofwel IAB: *Integrated Access and Backhauling*. Hierbij delen in een 5G-dekkingscel de UE-toegangsverbinding en de backhaul-koppeling dezelfde radioband. Hiermee wordt bespaard op relatief kostbare backhaul fiberverbindingen tussen basisstations.

Voor wat betreft het uitbreiden van de scope van 5G specificeert Release 16 de volgende belangrijke functies:

- 5G in licentievrije frequentiebanden¹⁹, waardoor 5G mogelijk wordt waar en wanneer gelicentieerd spectrum geen optie is of te duur wordt. Twee vormen zijn hierbij mogelijk: *Standalone NR-U* waarbij standalone 5G New Radio (NR) uitsluitend ongelicentieerd spectrum gebruikt en *Anchored NR-U* waarbij gebruik wordt gemaakt van ongelicentieerd spectrum in combinatie met een gelicentieerd of gedeeld spectrum als 'anker';
- 5G Private Networks (PN's)^{20,21}, bijvoorbeeld voor industriële IoT-toepassingen. Er zijn twee varianten: een standalone gesloten netwerk (SNPN: Standalone Non-Public Network) waarbij het netwerk niet afhankelijk is van netwerkfuncties die door een openbaar netwerk worden geleverd en een geïntegreerd niet-openbaar netwerk (PNI-NPN: Private Non-Integrated Non-Public Network) waarbij vertrouwd wordt op de steun van een openbaar netwerk zoals een *network slice* van een publiek netwerk. Het is ook denkbaar dat 5G PN's kunnen worden toegepast voor URLLC *on-premises* diensten.

De toepassing van 5G PN's om betrouwbare dekking binnenshuis mogelijk te maken en waar EMBB van groot belang zou zijn, is behandeld in de voorjaarseditie van de Monitor 2020²¹. De kosten voor rekening van de objecteigenaar kunnen een probleem vormen;

- Ondersteuning van Time-Sensitive Networking (TSN)²² voor industriële automatisering en andere industriële IoT-toepassingen;
- NR V2X (als 3GPP V2X Phase 3)²³. Dit betreft ondersteuning van:
 - 1) *Platooning*;
 - 2) *Extended Sensors*: de uitwisseling van ruwe of verwerkte gegevens en live video;
 - 3) *Advanced Driving*: het semi- of volautomatisch rijden door het delen van perceptie- en intentiegegevens en
 - 4) *Remote Driving*.

Verwacht mag worden dat het ontwerp van het NR V2X-systeem ingericht zal zijn op ondersteuning van diensten met lage vertraging en hoge betrouwbaarheid;

- Eerste versie van 5G-gebaseerde positionering²⁴ waarin voor gedurende 80% van de tijd een nauwkeurigheid van 3 meter (indoor) tot 10 meter (outdoor) wordt gedefinieerd.

¹⁹ www.qualcomm.com/news/onq/2020/06/11/how-does-support-unlicensed-spectrum-nr-u-transform-what-5g-can-do-you

²⁰ www.ericsson.com/en/blog/2020/7/5g-private-network-operations

²¹ <http://publications.tno.nl/publication/34636759/Zzt7o8/TNO-2020-R10955.pdf>

²² www.ericsson.com/en/blog/2018/12/5g-meets-time-sensitive-networking

²³ 3GPP work item document RP-200129

²⁴ <https://ieeexplore.ieee.org/document/8877160>

3.3 Release 17: de scope

In Release 17 werkt 3GPP verder aan verschillende functies voor algehele prestatie- en efficiëntieverbeteringen²⁵. Dit behelst verbeteringen op het gebied van radiosignalen, radioprotocollen, de radioarchitectuur en de algehele architectuur en -functionaliteiten²⁶.

Verbeteringen op het niveau van **radiosignalen** betreffen vooral:

- MIMO, bijvoorbeeld verbeterd beheer van de straalbundels met lagere vertraging en overhead, en een verbeterd ontwerp van het uplink referentiesignaal ten behoeve van een hogere referentiesignaalcapaciteit en een betere dekking;
- Spectrumdeling en energiebesparing;
- Industriële IoT- en URLLC-verbeteringen, zoals URLLC op licentievrij spectrum, Intra-UE multiplexing en prioritering van verkeer door toekenning van verschillende prioriteiten;
- Ondersteuning van frequentiebanden boven 52,6 GHz (Release 15 en 16) tot 71 GHz;
- Device-to-device (ofwel *sidelink*) verbeteringen om tegemoet te komen aan de auto-industrie en missiekritisch communicatiebehoeften;
- Nauwkeurighedsverbeteringen van positionering: binnen 1 meter voor algemene commerciële use cases en binnen 0,2 meter voor industriële IoT-use cases;
- Ondersteuning van *low-complexity* 5G NR-apparaten;
- Ondersteuning voor Low Mobility Large Cell (LMLC) scenario's, met name voor ontwikkelingslanden. Hier is het uitgangspunt een cel die in een omvangrijk gebied dekking biedt voor een groep dorpen of boerderijen waarbij het leeuwendeel van de gebruikers zich verplaatst met een snelheid van minder dan circa 30 km/u. Omdat deze groep niet statisch is, verschilt LMLC essentieel met Fixed Wireless Access (FWA);
- 5G NR-verbeteringen ter ondersteuning van niet-terrestrische netwerktoegang (NTN): platforms op grote hoogte (HAP's²⁷) en satellieten.

Verbeteringen op het gebied van **radioprotocollen** zijn met name:

- Multi-radio DC/CA (Dual Connectivity/ Carrier Aggregation) en IAB-verbeteringen: robuustheid, de mate van *load-balancing*, spectrale efficiëntie, verkleining van de multihop-vertraging en vergroting van de *end-to-end* prestaties;
- Verbeteringen van de overdracht van geringe datavolumes en op het gebied van vermogensverbruik van apparatuur;
- Multicast-transmissies waarbij het gaat om *single-cell* multicast functionaliteit maar met een duidelijke evolutiepad naar multicast over meerdere cellen heen;
- Ondersteuning voor een efficiëntere en voorspelbare multi-SIM-operaties, met name op het gebied van paging-coördinatie;
- Andere noodzakelijke protocolverbeteringen voor de nieuw toegevoegde dan wel verbeterde functies op radiosignaalniveau.

²⁵ www.3gpp.org/release-17

²⁶ www.3gpp.org/news-events/2018-5g-in-release-17---strong-radio-evolution

²⁷ Volgens de definitie van 3GPP omvatten High Altitude Platforms (HAP's) Unmanned Aircraft Systems (UAS) waaronder Lighter than Air UAS (LTA), Heavier than Air UAS (HTA), alle quasi-stationary, actief op hoogtes die doorgaans tussen de 8 en 50 km liggen.

Verbeteringen van de **radioarchitectuur** betreffen:

- SON/MDT-verbeteringen, waaronder de ondersteuning van meer SON-functies (bijvoorbeeld dekking en capaciteitsoptimalisatie, energiebesparing en *load balancing* bij de koppeling met andere systemen dan 5G, optimalisatie van de tweestaps RACH-procedure, optimalisatie van mobiliteitsverbetering, et cetera), en ondersteuning van gegevensverzameling voor MDT voor bepaalde, vast te stellen use cases;
- Ondersteuning van Quality of Experience (QoE) in 5G NR;
- Andere architectuurverbeteringen voor de nieuw toegevoegde dan wel verbeterde functies op het niveau van radiosignalen en -protocollen.

Algehele architecturale en functionele verbeteringen zijn voornamelijk:

- Integratie van satellietcomponenten in de 5G-architectuur, waaronder mobiliteitsbeheer, oplossingen voor vertragingen die door de satellietverbinding worden geïntroduceerd, et cetera;
- Niet-publieke netwerken (NPN): enerzijds efficiëntere ondersteuning van- en anderzijds vereenvoudiging van het 5G-systeem voor niet-openbare (dat wil zeggen gesloten) netwerken;
- Verbetering van netwerkautomatisering voor 5G;
- *Edge computing* in het 5G-kernnetwerk (5GC). Hierbij moet worden opgemerkt dat de fysieke locatie van deze functionaliteit dicht bij het basisstation kan zijn maar logisch gezien maakt het (nog) deel uit van het 5GC;
- *Proximity based services* (diensten die gericht zijn op onderlinge nabijheid);
- *Network slicing*: vaststellen van de hiaten in Release 15/16 *network slicing* die moeten worden opgelost om ondersteuning te bieden voor het concept van Generic Slice Template (GST) van GSMA²⁸;
- 5G-uitbreidingen voor *Advanced Interactive Services* zoals *cloud gaming* waardoor Quality-of-Service (QoS)-parameters vastgesteld kunnen worden die voor dergelijke diensten nodig zijn;
- Management van verkeersstromen, met name het schakelen tussen- en splitsen van stromen in de 5G-architectuur;
- Algemene architecturale ondersteuning door HAP's ten behoeve van connectiviteit, identificatie en volgen (*tracking*);
- Architectuurverbetering voor geavanceerde V2X-diensten ter ondersteuning van V2X voor mobiele terminals van voetgangers; deze worden niet ondersteund in de vorige 5G-Releases;
- *Multimedia Priority Services (MPS) Phase 2*. Het gaat hier om uitgebreidere ondersteuning van MPS-gebruikersbehoeften voor prioriteit van spraak-, data- en videocommunicatie-capaciteit dan in Release 16 waar de scope van MPS hoofdzakelijk spraak- en datacommunicatie was op basis van standaarddragers en -QoS-stromen;
- Convergentie van 5G draadloze- en bekabelde technologie;
- 5G Local Area Network (LAN)-achtige diensten;
- Verbetering van de zogenaamde 5G *User Plane Function* (UPF). De UPF brengt het uitvoeren van diensten dicht bij de gebruiker dan in vorige generaties. UPF is dus veel efficiënter in dit opzicht en vindt plaats voor beheerdoeleinden en voor een 5G *Service-Based Architectuur* (SBA).

²⁸ www.gsma.com/newsroom/all-documents/generic-network-slice-template-v2-0/

4 5G voor de gezondheidszorg

4.1 Inleiding

Volgens het 5G PPP White Paper over de toepassingssector (*vertical*) gezondheidszorg ofwel eHealth²⁹ wordt deze sector als prioriteits-item gezien op de Europese Digitale Agenda. Vervolgens is dit ook het geval voor veel nationale digitale agenda's vanwege de hoogte van de uitgaven en de zorgwekkende stijging van de zorgkosten.

Met 5G wordt beoogd de visie mogelijk te maken dat het monitoren, het stellen van de diagnose en de behandeling van patiënten overal en op elk moment kunnen plaatsvinden. Het streven is hierbij de belemmeringen in tijd en ruimte van een conventioneel ziekenhuis weg te nemen. 3GPP heeft dan ook gezondheidszorgdiensten, met name kritieke medische toepassingen, vastgesteld als belangrijke applicaties van 5G³⁰. Zo wordt met 5G personalisatie van de gezondheidszorg mogelijk door monitoringgegevens van patiënten draadloos en continu te verzamelen voor verwerking en gecentraliseerde opslag. Verder kan door 5G de zorglocatie verplaatst worden van ziekenhuizen naar woningen en andere goedkopere faciliteiten, hetgeen zich vertaalt in kostenbesparingen. Ook kan 5G kostenbesparingen mogelijk maken binnen ziekenhuizen waar draadloze snelle overdracht van gegevensstromen de planning van bijvoorbeeld de operatiekamer verbetert, het gebruik van apparatuur kan stroomlijnen en de implementatie van besturingssystemen vereenvoudigt.

De COVID-19 pandemie heeft meer 'gezondheidszorg online' afgedwongen zoals een online videoconsult door een huisarts, het vervolgens online uitschrijven van een recept et cetera. Deze tendens zal naar verwachting in de komende tijd doorzetten. 5G zal deze dienstverlening kunnen ondersteunen en vergemakkelijken.

4.2 eHealth use cases en hun relevantie voor 5G

Use cases in de gezondheidszorg kunnen systematisch worden gecategoriseerd volgens de volgende twee onderling onafhankelijke criteria³⁰:

- Of de specialisten en de patiënten van het medisch team zich op dezelfde locatie bevinden of niet;
- Of tijdens het leveren van de zorg apparaten of patiënten zich verplaatsen of niet.

Tabel 4 geeft enkele voorbeelden van eHealth use cases waarbij deze manier van categoriseren is toegepast.

²⁹ <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2016/02/5G-PPP-White-Paper-on-eHealth-Vertical-Sector.pdf>

³⁰ 3GPP Technical Report TR 22.826 "Study on Communication Services for Critical Medical Applications"

Tabel 4: Enkele voorbeelden van eHealth use cases in verschillende categorieën

	lokaal	Op afstand
Statisch	Intensive Care Units en hybride operatiekamers ³¹ (onder meer beeldgeleide en robotondersteunde chirurgie); PillCam ³²	Ter plaatse spoedeisende hulp in de ambulance (video en/of echo); chirurgie op afstand ³³ (<i>telesurgery</i>); mobiele specialistenpraktijk
Tijdens verplaatsing	Cardiale telemetrie in een ziekenhuis of zorginstelling	Patiëntbewaking (monitoring) in ambulances; cardiale telemetrie buiten het ziekenhuis; <i>vital sign patches</i> met geavanceerde geolokalisatie

Voor elke use case geldt een specifieke motivatie om draadloze communicatie via 5G te gebruiken en zijn dito technische eisen van toepassing. Dientengevolge zijn ook de overwegingen bij het ontwerpen van bijbehorende 5G-oplossingen om aan de medische behoeften te voldoen, per use case specifiek.

Voor de use case "patiëntbewaking (monitoring) in ambulances" (categorie "op afstand en tijdens verplaatsing") verzorgt 5G bijvoorbeeld de *high-definition* (HD) videocommunicatie tussen de ambulanceverpleegkundige en de arts wanneer de arts moet worden geraadpleegd voor medische besluitvorming. Op dit moment is dit alleen mogelijk via een telefonische verbinding die wordt opgezet door de ambulanceverpleegkundige ter plaatse. De effectiviteit van de situatiebeoordeling zou aanzienlijk worden verbeterd als de arts ook een videoverbinding van hoge kwaliteit heeft met de ambulanceverpleegkundige. Dit kan verder worden verbeterd door streaming elektrocardiogram (ECG) en via de overzending van andere vitale biometrische gegevens gegenereerd door een draagbare (bestaande) monitor of in de toekomst zelfs door echoscopie. Deze use case vereist gegarandeerde landelijke beschikbaarheid van een betrouwbare hoge capaciteitsverbinding die ook kan functioneren tijdens een hoge verplaatsingssnelheid wanneer de ambulance op de snelweg rijdt.

Als tweede voorbeeld is de use case "mobiele specialistenpraktijk" (categorie "op afstand en statisch") interessant vanwege het tegengaan van de problematiek die ontstaat door de trend van zorgconcentratie in grote ziekenhuizen om kosten te besparen: dit resulteert in een gebrek aan specialisten bij lokale klinieken. Deze concentratie leidt tot veel verplaatsingen van patiënten over mogelijk grote afstanden, zelfs in vrij standaardgevallen zoals screenings, nazorgonderzoeken of medische controles.

In dit oplossingsconcept wordt een mobiele specialistenpraktijk ondergebracht in een voertuig, meestal een vrachtwagen. Hierdoor kunnen door een specialist die zich op afstand bevindt in een ziekenhuis zoals een gespecialiseerd medisch centrum de volgende medische activiteiten worden uitgevoerd:

- Video-onderzoeken op basis van informatie van *high-end* camera- en ultrasone systemen in de vrachtwagen, indien nodig ondersteund door haptische terugkoppeling ofwel *force feedback* (het communiceren van een apparaat met een gebruiker via een trilelement) en

³¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_operating_room

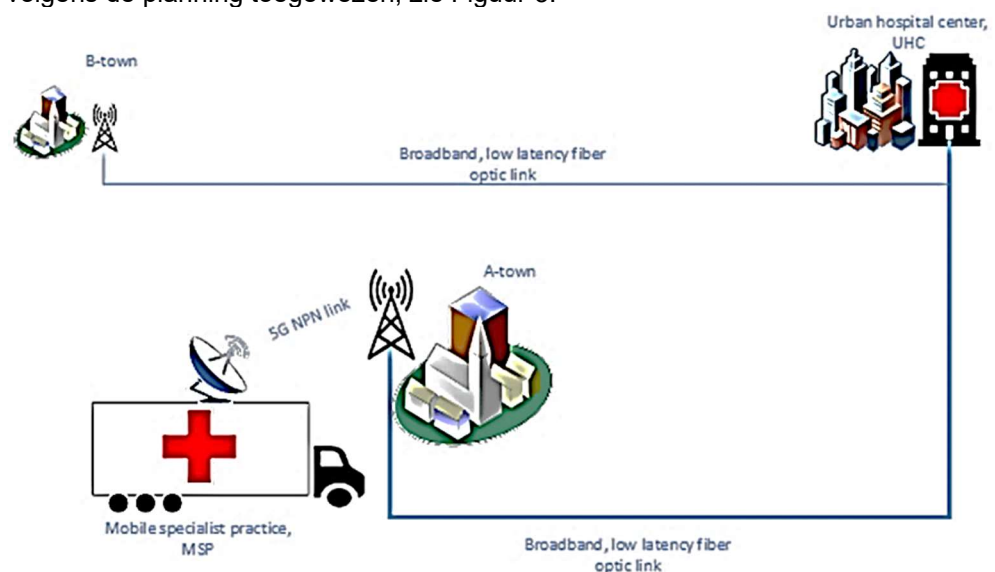
³² www.smarthealth.nl/2014/02/11/pil-camera-pillcam-fda/

³³ https://en.wikipedia.org/wiki/Remote_surgery

- Diagnose op afstand van beeldvormende gegevens vanuit echoscopie, röntgenopnamen, computertomografie of zelfs MRI (magnetic resonance imaging).

In de mobiele specialistenpraktijk is de aanwezige apparatuur dus zeer divers en dat vraagt dan ook om adequaat getraind personeel.

Een mobiele specialistenpraktijk functioneert volgens afspraak en planning. De vrachtwagen en de patiënt komen op een bepaalde plaats samen waar zich een toegangspunt bevindt tot een medisch netwerk en eventueel ook andere benodigde faciliteiten zoals stroomvoorziening. Hiervoor kan of 1) een landelijk specifiek niet-openbaar 5G-netwerk (NPN: Non-Private Network) worden opgezet met toegangspunten die eigendom zijn van gebruikersgroepen of andere dienstverleners of er kan 2) een bijbehorende privé *slice* in een openbaar 5G-netwerk worden gebruikt. Zodra de mobiele specialistenpraktijk bij het toegangspunt aankomt en incheckt, worden de benodigde netwerkmiddelen volgens de planning toegewezen, zie Figuur 3.



Figuur 3: Mobiele specialistenpraktijk (MSP) met behulp van 5G NPN-toegangspunten binnen een regio [30]

Een derde voorbeeld betreft de use case "Hybride operatiekamers" (categorie "lokaal en statisch"). In een hybride operatiekamer wordt in een conventionele operatiekamer, dus een steriele omgeving, de functionaliteit van geavanceerde beeldverwerkingssystemen toegepast voor beeldvormend onderzoek. Hier biedt draadloze communicatie voordelen op het gebied van grotere flexibiliteit en hygiëne in vergelijking tot bedrade communicatie. 5G verbindt via gestandaardiseerde interfaces diverse video- of *multi-frame*-bronnen met verschillende bestemmingen, waardoor bijvoorbeeld beeldgeleide chirurgie (*image-guided surgery*) mogelijk wordt³⁴. Het concept 5G Non-Public Network of Private 5G-netwerkconcept³⁵ (zie ook de Monitor Voorjaarseditie 2020, Paragraaf 2.3.3) kan worden toegepast om de combinatie van hoge transmissiecapaciteit, lage vertraging en hoge beschikbaarheid in een ziekenhuisomgeving te bewerkstelligen.

³⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Image-guided_surgery

³⁵ www.ericsson.com/en/blog/2020/7/5g-private-network-operations

4.3 eHealth binnen het project 5G-HEART

Het driejarige Horizon 2020 (H2020) project 5G-HEART (HEalth AquacultuRe and Transport)³⁶ is gestart in juni 2019 en richt zich -conform het acronym- op potentieel 5G-gebruik in drie verschillende sectoren waaronder de gezondheidszorg. De potentie van 5G in deze sector wordt zowel vanuit sociaal perspectief als voor het bereiken van betere medische resultaten als zeer groot ingeschat. De algemene doelstelling van 5G-HEART is het definiëren en valideren van kostenefficiënte 5G geconvergeerde netwerkconcepten. Hiermee wordt bedoeld netwerkconcepten die geschikt zijn voor de gelijktijdige ondersteuning van diverse soorten diensten en diverse open of gesloten gebruikersgroepen. Dit laatste impliceert een intelligente *hub* toegewezen aan- en ondersteund door meerdere open of gesloten *verticals* waaronder de gezondheidszorg.

5G-HEART haakt in op de volgende drie belangrijke eHealth use cases³⁷:

- *Remote interventional support* waarbij 5G-HEART het gebruik van geavanceerde communicatie met verrijkte media onderzoekt ten behoeve van monitoring op afstand, onderwijs en robotica in de patiëntdiagnostiek en -behandeling. Deze use case maakt gebruik van een combinatie van *high definition* (HD) video en audio, streaming van echoscopiedata, uiterst betrouwbare en snelle ondersteuning van medische commando's en gesynchroniseerde terugkoppeling hierop. Als voorbeeld zou kunnen worden gedacht aan de afstandsbediening van een draagbare ultrasone sonde die via haptische handschoenen langs de draadloze weg haptische informatie ontvangt van deze sonde. Met behulp hiervan kan op afstand de sonde naar de juiste positie op het lichaam gedirigeerd worden. De ultrasone sonde zendt dus niet alleen de opgenomen video streaming informatie naar de specialist op afstand maar ontvangt ook zijn commando's waardoor de sonde effectiever gebruikt kan worden.

Deze use case bestaat verder uit vier sub-cases³⁸ die zullen worden getest binnen diverse 5G-faciliteiten: de 5G-VINI faciliteit in Oslo, Noorwegen³⁹, de 5GTN-faciliteit in Oulu, Finland⁴⁰, en de 5Groningen-faciliteit⁴¹ waarover later iets meer.

- De *PillCam*. Dit videocapsule-concept wordt al enige jaren toegepast en maakt gebruik van een microcamera die voor inwendig onderzoek als een pil ingeslikt kan worden. De *PillCam* verzendt de opgenomen video naar een toegangspunt of een gateway die deze gegevens tezamen met de patiëntidentiteit op een veilige manier kan uploaden naar een cloudserver. 5G-HEART zal *real-time* transmissietesten uitvoeren met feedback van de pil. Hierdoor kunnen via 5G de beweging en richting van de camera worden gestuurd waardoor een betere diagnose kan worden verkregen. 5G maakt door de hoge datasnelheid de overdracht mogelijk van video's met een hogere resolutie dan nu het geval is. Deze use case wordt getest door de 5-VINI faciliteit.
- *Vital sign patches*. Dit zijn flexibele sensoren die op het menselijk lichaam worden bevestigd voor de continue monitoring van ambulante patiënten, 5G-HEART zal het gebruik van *direct-to-cloud* verbonden wegwerp-vital sign

³⁶ <https://5gheart.org/>

³⁷ <https://5gheart.org/5g-heart-ecosystem/>

³⁸ https://5gheart.org/wp-content/uploads/5G-HEART_D3.2.pdf

³⁹ www.5g-vinni.eu/

⁴⁰ <https://5gtn.fi/>

⁴¹ www.5groningen.nl/

patches verkennen voor monitoring onafhankelijk van plaats en tijd. Deze patches zijn daartoe uitgerust met 5G-technologie waaronder geavanceerde geolokalisatie waarbij via smalbandige signalen een hoge nauwkeurigheid wordt bereikt. Deze use case bestaat uit twee sub-cases. De eerste maakt gebruik van beschikbare *massieve machine-type* (mMTC) technologieën waarvoor de experimenten worden opgezet op de 5G-VINI faciliteit. De tweede sub-case benut de innovatieve, nauwkeurige lokalisatiefunctie waarvoor de experimenten plaatsvinden in Grenoble, Frankrijk.

In Nederland coördineert TNO 5G-HEART experimenten waarvoor 5Groningen wordt ingezet⁴² in een samenwerking tussen industriële en academische partners binnen 5G-HEART enerzijds en 5Groningen-partners zoals AmbulanceZorg Groningen en MNO's anderzijds. De focus van deze experimenten ligt op 5G bij spoedeisende hulp en patiëntbewaking in ambulances waarbij uitwisseling van video- en echoscopiedata tussen de ambulanceverpleegkundige en de arts wordt toegepast (Figuur 4).



Figuur 4: Deze opname van een ontvangen HD-beeld (r), gemaakt tijdens een 5Groningen-experiment, laat het effect zien als het origineel (l) wordt overgezonden via een 5G-verbinding van te lage capaciteit [38]

⁴² www.tno.nl/en/about-tno/news/2019/6/tno-starts-with-h2020-5g-heart/

4.4 Nadere mondiale oriëntatie rond 5G voor de gezondheidszorg

Om meer beeld te krijgen bij de perspectieven van 5G voor de gezondheidszorg volgt in deze paragraaf een relaas van standpunten over en betrokkenheid van industriële stakeholders bij 5G voor eHealth en concrete mondiale realisatieplannen en -activiteiten op dit gebied. Daarbij moet worden opgemerkt dat deze partijen uiteraard belang hebben om ten behoeve van de afzet van hun producten, de gezondheidszorg als veelbelovende use case aan te prijzen. Zo voorspelt Ericsson een omzetkans van 76 miljard US\$ in 2026 voor telecomoperators die de transformatie van de gezondheidszorg aanpakken met 5G⁴³. Volgens Ericsson plaatsen CEO's in de gezondheidszorg-industrie telecomoperators bovenaan als het gaat om samenwerkingsverbanden. Volgens Huawei zou 5G in 2030 een kostenbesparing voor de gezondheidszorg van ongeveer 94 miljard US\$ kunnen opleveren⁴⁴. Ook andere leveranciers van 5G-apparatuur zoals Nokia⁴⁵ en Samsung⁴⁶ zien de gezondheidszorg als belangrijk toepassingsdomein van 5G.

Inderdaad werken telecomoperators steeds meer samen met diverse partners om innovatieve oplossingen voor de gezondheidszorg te ontwikkelen op basis van 5G⁴⁷. Zo zijn verschillende toonaangevende ziekenhuizen in China in samenwerking met Huawei en drie Chinese operators een project gestart om de eerste 5G-gebaseerde standaard voor ziekenhuisnetwerken te definiëren. Naar verwachting wordt deze toegepast voor 5G binnen ziekenhuisgebouwen⁴⁸. In Zuid-Korea werken SK Telecom en het Yonsei University Health System samen om een digitaal 5G-ziekenhuis te realiseren⁴⁹. In de VS werkt AT&T samen met het Rush Hospital in Chicago aan een plan om over te stappen op 5G-connectiviteit in een gebouw op de campus van dit ziekenhuis⁵⁰. In Duitsland lanceren Vodafone en de Universiteitskliniek Düsseldorf samen een 5G-campusnetwerk voor dekking in complexen van meerdere gebouwen. In dit publiek-privaat netwerkconcept hebben de campuseigenaren hun eigen frequenties⁵¹.

In Nederland zien alle MNO's (KPN⁵², T-Mobile NL⁵³, VodafoneZiggo⁵⁴) de gezondheidszorg als belangrijke toepassing van 5G. Vanuit de fabrikanten van medische apparatuur is het perspectief voor onder meer Zorgtech-bedrijf Philips interessant⁵⁵.

⁴³ www.ericsson.com/en/networks/trending/insights-and-reports/5g-healthcare

⁴⁴ <https://carrier.huawei.com/~media/CNBGV2/download/program/Industries-5G/5G-Healthcare-Impact.pdf>

⁴⁵ www.nokia.com/networks/5g/use-cases/ehealth/

⁴⁶ https://image-us.samsung.com/SamsungUS/samsungbusiness/pdfs/Samsung_WhitePaper_5GHealthcare_12-18_18.pdf

⁴⁷ www.fitchsolutions.com/telecoms-media-technology/5g-will-underpin-healthcare-revolution-11-10-2019

⁴⁸ www.asmag.com/showpost/30582.aspx

⁴⁹ <https://futureiot.tech/sk-telecom-yonsei-move-to-build-5g-powered-digital-hospital-in-korea/>

⁵⁰ https://about.att.com/story/2019/att_collaboration_to_create_hospital_of_future.html

⁵¹ <https://alertify.eu/5g-clinic-europe/>

⁵² www.kpn.com/zakelijk/branches/zorg.htm

⁵³ <https://newsroom.t-mobile.nl/5g-is-hier-t-mobile-lanceert-dinsdag-5g-netwerk/>

⁵⁴ www.vodafoneziggo.nl/verhalen/fysiek-internet-voor-de-gezondheidszorg/

⁵⁵ www.philips.nl/a-w/about/news/archive/standard/about/news/articles/2020/20200206-eindhoven-dagblad-5g-redt-patient-in-ambulance.html

Een belangrijke vraag is wie investeren moet in de netwerkinfrastructuur die nodig is om te voldoen aan de eisen van zorgtoepassingen, zoals de hoge snelheid, capaciteit en betrouwbaarheid. McKinsey stelde voor dat operators de gezamenlijke bouw van 5G-netwerken en nieuwe verdienmodellen overwegen om kosten te delen⁵⁶. Belanghebbenden in de zorgsector lijken te wachten op de bredere beschikbaarheid van 5G voor bedrijven voordat zij zelf zullen investeren⁵⁷.

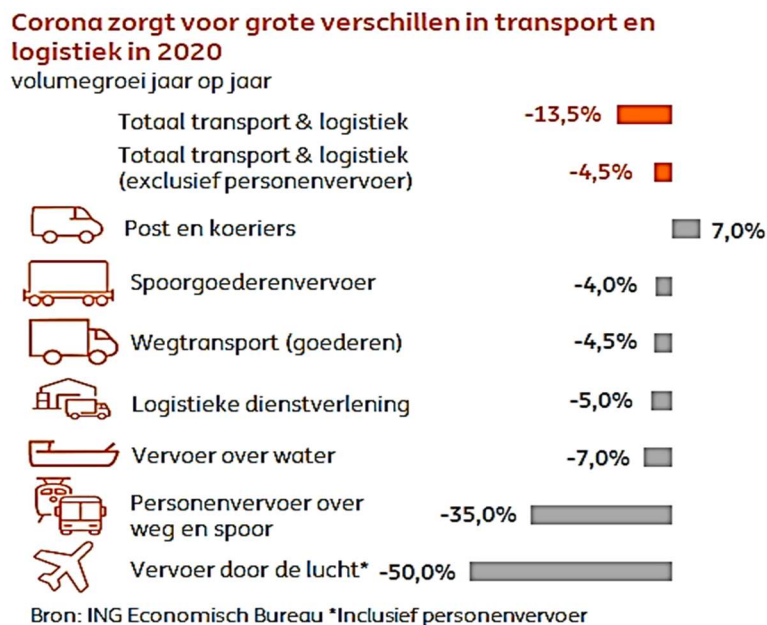
⁵⁶ www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/the-road-to-5g-the-inevitable-growth-of-infrastructure-cost#

⁵⁷ www.healthcaredive.com/news/as-5g-looms-most-hospitals-watch-from-the-sidelines/550103/

5 Ondersteuning van logistieke processen door 5G

5.1 Inleiding

Wereldwijd en in Nederland in het bijzonder heeft de logistieke sector de laatste jaren een enorme groei doorgemaakt. Het *en masse* online bestellen, laten afleveren en eventueel weer terugsturen, is hier mede debet aan. Distributiecentra zijn in Nederland dan ook als paddenstoelen uit de grond geschoten. De uitbraak van het coronavirus heeft in 2020 gezorgd voor grote verschillen in de Nederlandse transport- en logistieksector. Deze sector bestaat uit zeven deelsectoren waarbij alleen de deelsector 'post en koeriers' een volumestijging vertoonde en wel van 7%⁵⁸. Zoals te verwachten vonden verreweg de grootste dalingen plaats in de sectoren waarin sprake was van grootschalig vervoer van personen, zie Figuur 5.



Figuur 5: Veranderingen binnen de sector transport en logistiek als gevolg van de corona-uitbraak in maart 2020

Gegeven deze geschetste actualiteit is het voor het economisch perspectief op kortere termijn interessant de ondersteunende rol van 5G voor met name toepassingen in de voor corona ongevoeligere logistieke deelsectoren aan een beschouwing te onderwerpen. Het gaat dan vooral om de logistiek die betrekking heeft op goederen en veel minder op personen.

5.2 Toepassingen van 5G in de logistiek

Er zijn diverse specifieke logistieke toepassingen te onderkennen waarin 5G een rol speelt. Onderstaand zijn in deels overlappende categorieën zowel huidige projecten als ideeën gegeven. Deze lijst is niet uitputtend, maar geeft wel een beeld van de diversiteit aan toepassingen.

⁵⁸ www.ing.nl/zakelijk/kennis-over-de-economie/uw-sector/outlook/transport-en-logistiek.html

5.2.1 Voorraadbeheer (inventory management)

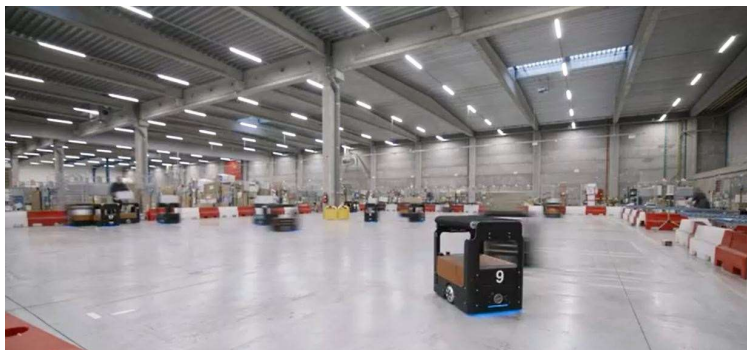
Dit betreft drones die in opslagplaatsen langs stellingen vliegen om de voorraad te beheren, ofwel *Drone Cycle Counting* waardoor handmatig scannen van etiketten van pallets door magazijnmedewerkers wordt voorkomen. Deze toepassing wordt getest in een bestaand, operationeel magazijn.



Figuur 6: Inzet van een 5G-empowered drone voor *Drone Cycle Counting* [60]

Nauwkeurige indoor positiedata en voorraadinformatie wordt naar een centraal beheerssysteem verzonden^{59,60}. 5G is vooralsnog nodig voor adequate besturing van de drones en verzending van HD-videobeelden. Het eerste vergt immers een lage vertraging, het tweede een grote bandbreedte. In een latere fase kunnen AI (Artificial Intelligence)-algoritmen worden toegepast voor automatische besturing via *edge computing*. Dit concept gaat beproefd worden door diverse partners uit de industrie, een mobiele netwerk operator en de academische wereld waaronder technische universiteiten en TNO.

Een andere aanpak binnen voorraadbeheer is de inzet van een rijdende, grondgebonden robot bij magazijnbeheer.



Figuur 7: Gebruik van *cobots* in een distributiecentrum [61]

Robots kunnen worden gebruikt om zelfstandig mogelijk zware bestellingen op te halen en te transporteren vanuit een opslagplaats of groot magazijn. Nu vindt dit nog plaats in samenwerking met magazijnmedewerkers. Men spreekt dan van *cobots*, zie Figuur 7⁶¹. Hierbij rijden de robots naar de stelling waar het product zich bevindt en nemen in de toekomst autonoom het juiste product van de juiste plank of

⁵⁹ www.5groningen.nl/themas-en-pilots/use-cases-en-pilots/verkeer-en-logistiek

⁶⁰ www.btg.org/wp-content/uploads/2020/04/200422-Powerpoint-BTG-KC-5G.pdf

⁶¹ www.postnl.nl/zakelijke-oplossingen/dossier-e-commerce/innovatie-in-e-commerce/expert-visie/?pst=sp-pnl-pos-zakelijke-oplossingendossier-e-commerceinnovatie-in-e-commerce-footerbannerNaN-expertvisie

zetten dit daar neer, nu gebeurt dit nog door de medewerkers. Het gehele proces kan in de toekomst automatisch en autonoom worden uitgevoerd met behulp van Autonome Geleide Voertuigen (AGV's) in plaats van met cobots. Om te kunnen manoeuvreren binnen het magazijn en de juiste bestellingen op te halen en te leveren moet de AGV te allen tijde zijn eigen positie en die van de producten weten. Om ervoor te zorgen dat het juiste product wordt opgehaald, moeten de coördinaten nauwkeurig en up-to-date zijn waarvoor de accurate plaatsbepaling en snelheid van 5G nodig zijn.

5.2.2 *Volgen van mensen, middelen en producten (tracking & tracing)*

Dit is een brede categorie waar 5G-IoT en de nauwkeurige positiebepaling belangrijke *enablers* zijn. Hierin valt bijvoorbeeld de juist voor Nederland belangrijke bloemenveiling waar verschillende soorten bloemen worden gesorteerd en vervoerd voor latere verkoop⁶². Hierbij wordt de productstatus van de bloemen vaak bijgehouden via een IT-systeem om te controleren of het proces correct is uitgevoerd. Het kan echter voorkomen dat, bijvoorbeeld door menselijke fouten, de werkelijke locatie en status van producten verschillen van wat het IT-systeem verwacht. Dit kan worden verholpen door het uitvoeren van nauwkeurige en betrouwbare *tracking en tracing* van de producten via 5G, waarbij de posities van de producten digitaal wordt bijgehouden. Hierdoor kunnen ontbrekende en verkeerd geplaatste producten binnen het IT-systeem worden gedetecteerd en gecorrigeerd.

Een ander *tracking & tracing*-idee is het via sensoren verzamelen van real-time informatie over de status en locatie van waterstof gascilinders voor de optimalisatie van de bevoorrading van waterstoftankstations⁶³.

Ook kan het voor bepaalde logistieke processen van belang zijn dat *roaming* plaatsvindt tussen een gesloten netwerk op een bedrijfs- of fabrieksterrein op basis van 5G Private Mobile Network-technologie en een publiek 5G-netwerk of *-slice*. Voor een technische toelichting op 5G Private Mobile Networks wordt verwezen naar de Monitor Voorjaarseditie 2020, Paragraaf 2.3.3.

Tenslotte wordt in de Rotterdamse haven ingezet op drones tijdens incidenten voor het vervoer van bloed en organen en op termijn zelfs van mensen. De ambitie is om autonome drones standaard in te zetten voor incidentmanagement. Rijkswaterstaat wil deze drones *as-a-service* gaan leveren⁶⁴.

5.2.3 *Pakketaflevering*

In deze '*last mile*-toepassing' kan IoT via 5G worden ingezet voor de aflevering van pakketten via drones bij logistieke ophaalpunten of, in de verdere toekomst, bij klanten thuis. Onlangs heeft de Amerikaanse luchtvaartautoriteit FAA (Federal Aviation Administration) Amazon toestemming gegeven om in de Verenigde Staten pakketjes te gaan bezorgen met drones⁶⁵. De ambitie is een bezorgreikwijdte van 10 km waarmee de drone dus ruim uit het zicht van de operator komt. Eerst zal dan ook in de lagere 5G-banden in rurale gebieden getest worden voordat ook in bebouwde omgevingen zoals steden bezorgd kan worden. Voor deze toepassing zijn de benodigde snelheid, bandbreedte en betrouwbaarheid van 5G-verbindingen bij uitstek in stedelijke gebieden onderscheidende eigenschappen ten opzichte van

⁶² Master_thesis_Diana_Beemster_final.pdf, October 9, 2017

⁶³ www.5groningen.nl/themas-en-pilots/use-cases-en-pilots/verkeer-en-logistiek

⁶⁴ www.computable.nl/artikel/nieuws/digital-innovation/6933271/250449/eerste-drone-pakketlevering-in-rotterdamse-haven.html

⁶⁵ www.dronewatch.nl/2020/09/01/amazon-mag-in-de-vs-pakketjes-gaan-bezorgen-met-drones/

andere IoT-oplossingen. Voor Nederland zal een dergelijke pakketaflevering met drones op grote schaal lastig worden gezien de grote bevolkingsdichtheid en is dit tot op heden nog niet van de grond gekomen.

5.2.4 *Collaborative maintenance*

Via een 5G breedband-verbinding ofwel eMBB (Enhanced Mobile Broadband) en een AR/VR (Augmented Reality/Virtual Reality)-tool voor industrieel onderhoudspersoneel kan ondersteuning worden geboden door communicatie (vragen, instructies, real time delen van delen uit documentatie, et cetera), voorzien van hoogwaardige visualisatie via AR-brillen en dus veelal *handsfree*⁶⁶. Veel spelers werken al aan deze wijzigingen in data- en AI-gebaseerde onderhoudsprocessen via bestaande netwerken zoals 4G of LTE-M maar verwacht wordt dat 5G hier door de meerwaarde van zijn grote snelheid, betrouwbaarheid en *edge computing* deze ontwikkelingen kan versnellen⁶⁷, zie ook Paragraaf 6.6.

5.2.5 *Op afstand ondersteunen van transport*

Van deze categorie is een containeroverslagnetwerk in een haven een belangrijk concreet voorbeeld waar grote economische belangen spelen. Sinds 2018 wordt al met 5G op het Rotterdamse haven terrein getest maar zeer onlangs is binnen het Europese project *5G-Blueprint*⁶⁸ onderzoek gestart naar hoe met behulp van besturing op afstand transport en logistiek efficiënter kan verlopen, ook over landsgrenzen heen⁶⁹. De opzet is te komen tot het op afstand sturen en ondersteunen van voer- en vaartuigen. In dit publiek-private onderzoek waarvan het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat initiatiefnemer is, zijn 28 partners uit Nederland, Vlaanderen, Zwitserland en Tsjechië betrokken. Het project 5G-Blueprint zal tot september 2022 gaan lopen.

In deze categorie valt ook wagenparkbeheer waarbij via 5G en ML (Machine Learning) *real time*-informatie gebruikt kan worden om de drukste wegen te vermijden en vrije parkeerplaatsen te vinden, wat ook weer tot minder brandstofverbruik en minder uitstoot leidt⁷⁰.

Op geografisch kleinere schaal speelt het gecoördineerd, geautomatiseerd lokaal personenvervoer zoals de 5G-ondersteuning van een zelfrijdend busje voor het vervoeren van personen van een parkeerterrein naar een ingang van een instelling zoals een gemeentehuis of ziekenhuis of van een grote supermarkt of evenement. Via 5G kunnen deze (semi-)autonome voertuigen onderling of bijvoorbeeld met aansluitende treinen of bussen betrouwbaar en snel communiceren. Ook valt te denken aan HD-camera's die via 5G de data naar een controlecentrum sturen⁷¹. Deze toepassing wordt ondergebracht in het zelfrijdende busje dat al enige jaren bij het Ommelander Ziekenhuis passagiers vervoert om dit met HD-camera's te monitoren⁵⁹.

⁶⁶ www.orange-business.com/en/magazine/5g-ally-augmented-technicians-maintenance-operations

⁶⁷ www.btg.org/wp-content/uploads/2020/04/200422-Powerpoint-BTG-KC-5G.pdf, slides 14 en 17

⁶⁸ <https://5g-ppp.eu/en>
www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/06/16/10-miljoen-euro-voor-internationaal-onderzoeksproject-5g-blueprint

⁶⁹ www.northseaport.com/10-miljoen-euro-europese-steun-voor-internationaal-onderzoeksproject-naar-vervoer-op-afstand-in-logistiek-en-transport

⁷⁰ www.bestelauto-expo.nl/nieuws/naslagwerk/wat-kan-de-logistieke-sector-in-2020-verwachten/

⁷¹ www.5groningen.nl/nieuws/hoe-werkt-het-zelfrijdende-busje

6 5G pilots en field labs in Nederland

Terwijl operators in Nederland bezig zijn met het uitrollen van commerciële 5G-netwerken en er inmiddels ook frequentiebanden geveild zijn voor het gebruik van 5G in Nederland (zie Hoofdstuk 2), zijn er ook nog steeds 5G pilots en *field labs* gaande in Nederland waarin vooral een aantal nieuwere 5G-zaken uitgetest wordt. Het algemene begrip ‘pilot’ moet in dit hoofdstuk breed worden gezien en omvat naast de relatief kortlopende praktijkgerichte innovatieonderzoeken ook die van (semi)permanente aard. In dit hoofdstuk zal een kort overzicht worden gegeven waarbij de pilotprojecten 5G-HEART en 5G-Blueprint al respectievelijk in voorgaande paragrafen 4.3 en 5.2.5 zijn beschreven.

In Nederland is het doen van 5G-testen en -proeven of *trials* in de 3,5 GHz frequentieband (band n78) tot september 2022 mogelijk gemaakt door het beschikbaar stellen van testlicenties (‘experimenteervergunningen’) door Agentschap Telecom. Deze mogelijkheid is na deze datum vervallen vanwege het commercieel beschikbaar stellen van frequenties in deze band en zijn experimenteervergunningen nodig voor banden waarvoor MNO’s niet zelf over een vergunning beschikken.

De paragrafen 6.1 tot en met 6.7 gaan in op de meer ‘gesloten’ nationale pilots en field labs. Hierbij is gekozen voor het perspectief van de drie nationale MNO’s omdat deze commerciële partijen uiteindelijk een belangrijke rol hebben in het leveren van de 5G-diensten en dus grote stakeholders in de testen zijn. Interessant is dan ook waar de MNO’s thematisch op insteken. Daarnaast zal vanuit de paragraaf titels duidelijk worden wat de regio’s zijn waarin de activiteiten plaatsvinden. Zo ontstaat overzicht van welke Nederlandse MNO ‘wat en waar’ beproeft.

De paragrafen 6.8 tot en met 6.12 behandelen de internationale consortia en meer ‘open’ generieke faciliteiten. In deze consortia nemen onder meer diverse nationale overheden, -organisaties en academische partners deel en is de invloed van MNO’s en conventionele leveranciers kleiner of soms zelfs nihil.

Dit hoofdstuk wil overzicht bieden van, op het moment van schrijven, duidelijk manifeste initiatieven. Volledigheid wordt hierbij niet nagestreefd.

6.1 VodafoneZiggo in Eindhoven⁷²

In december 2019 is de gemeente Eindhoven gestart met 5G-innovatie op de faciliteit genaamd 5G HUB (Figuur 8), gelokaliseerd op de High-Tech Campus Eindhoven. Een aantal lokale partijen en het consortium 5G Brainport Eindhoven (VodafoneZiggo, Ericsson, Brainport Development en High-Tech Campus) zijn de uitvoerders. De gezamenlijke activiteiten zijn gericht op het behalen van resultaten met impact op de maatschappij. Naast genoemde uitvoerders en faciliteit is toepassing van de 3,5 GHz-band een onderdeel van het innovatie ‘ecosysteem’ dat is bedoeld voor bewoners, studenten, startups en ondernemingen.

⁷² www.vodafoneziggo.nl/netwerk/eindhoven/, <https://5ghub.nl>, www.hightechcampus.nl/opening-5g-hub-eindhoven-biedt-vooruitblik-in-nieuwe-mobiele-tijdperk



Figuur 8: Alle bij 5G HUB betrokken CEO's met ondertekende overeenkomst [72]

De focus van 5G HUB ligt op een aantal gebieden zoals de toekomstige industrie, -entertainment en -gezondheidszorg. Aspecten die onderzocht worden zijn bijvoorbeeld *the Park VR gaming*, *connected ambulances* en 5G-360-graden camera's in het Philips Stadion.

6.2 KPN in Eindhoven⁷³

Ook KPN participeert in een 5G field lab in Eindhoven. Op de Brainport Industry Campus (BIC, zie Figuur 9) is een *Industry 5G Field Lab* geopend dat zich richt op 5G in de maakindustrie. Het field lab maakt gebruik van 3,5 GHz in een indoor situatie. KPN combineert 5G Indoor met Ultra Wide Band (UWB) waarmee objecten op de fabrieksvloer en in magazijnen real-time te volgen zijn en wel op 30 cm nauwkeurig, zie ook de logistieke casus in Paragraaf 5.2.1. Partner in dit field lab is het High Tech Software Cluster.



Figuur 9: Brainport Industry Campus (lokatie van onder meer KPN's *Industry 5G Field Lab*) [73]

Aspecten die in de pilot uitgevoerd zullen worden zijn bijvoorbeeld VR/AR (virtual reality/augmented reality) voor productiebesturing, autonome voertuigen (AGV's), HD-camera's voor kwaliteit en veiligheid en *wireless factory*.

⁷³ www.kpn.com/zakelijk/blog/kpn-brengt-5g-naar-brainport-industries-campus-eindhoven.htm

6.3 KPN in Amsterdam⁷⁴

De gemeente Amsterdam en de Johan Cruijff ArenA heeft samen met KPN in Amsterdam een Urban 5G field lab opgezet. Ten eerste is het de bedoeling om het bezoek aan het stadion te verrijken door bijvoorbeeld videobeelden down- en uploaden, meekijken met de scheidsrechter en AR voor toeschouwers en daarnaast om de reis ernaar en ervandaan te versoepelen. Daarnaast zal gekeken worden naar andere eventlocaties, horeca, winkels en kantoren in de buurt van het stadion, bijvoorbeeld voor het begeleiden van auto's naar- en van parkeerplaatsen. Tenslotte wordt ook een zogenaamde 5G-straat opgezet waar bewoners de beschikking krijgen over een supersnel netwerk bijvoorbeeld om (in)gesproken teksten in andere talen om te zetten.

De gemeente Amsterdam is zelf in gesprek met bewoners en ondernemers in de buurt Heesterveld in stadsdeel Amsterdam-Zuidoost. Ook wordt door KPN gekeken naar andere locaties zoals het Marine-terrein, bijvoorbeeld voor het testen van zelfrijdend vervoer.

6.4 KPN in Valthermond⁷⁵

Zoals in de Monitor Najaarseditie van 2019 reeds besproken, wordt in het Drentse Valthermond getest of 5G via drones kan helpen bij de aardappelteelt. Het field lab vindt plaats op proefboerderij 't Kompas in Valthermond van Wageningen University & Research.

6.5 KPN in Helmond⁷⁶

In Helmond is KPN betrokken in een field lab voor het onderzoek naar het gebruik van 5G ten behoeve van (auto)mobiliteit, zie Figuur 10. Deze is onder andere gevestigd op de Automotive Campus en de nabijgelegen snelweg A270. De focus van dit field lab is *connected* en *automated driving*. Eén van de uitgetroefde aspecten is het gebruik van een VR-bril voor het besturen van een geblindeerde auto om te laten zien dat 5G dit in principe mogelijk maakt doordat geen merkbare vertraging van het 5G-radiosignaal optreedt.



Figuur 10: Testen in het 5G *automotive* field lab in Helmond⁷⁷

Naast het besturen van auto's op afstand wordt ook gekeken naar het vermeerderen van de informatie in auto's vanuit langs de weg aanwezig

⁷⁴ www.kpn.com/zakelijk/blog/aantrekkelijker-wonen-werken-en-recreëren-dankzij-5g.htm

⁷⁵ www.kpn.com/zakelijk/blog/hoe-drones-boeren-helpen-met-de-aardappelteelt.htm

⁷⁶ www.kpn.com/zakelijk/blog/de-auto-als-spil-in-communicatienetwerken.htm

⁷⁷ www.kpn.com/zakelijk/blog/testen-in-het-5g-automotive-fieldlab-helmond.htm

communicatieapparatuur. Deze informatie kan worden ingezet voor toepassingen zoals het vinden van een geschikte parkeerplaats of het waarschuwen voor opstoppen of ongelukken.

6.6 KPN in Rotterdam⁷⁸

Deelname van het KPN field lab (Figuur 11) in Rotterdam richt zich op het gebruik van 5G in de procesindustrie. Dit field lab is opgericht op het terrein van Shell Pernis waar basischemicaliën en brandstoffen worden gemaakt. Hier wordt geëxperimenteerd met robots en helmen die het werk veiliger en efficiënter moeten maken.



Figuur 11: Experimenteren met 5G in de procesindustrie in het field lab in Pernis⁷⁹

De door Shell ontwikkelde snuffelrobot, een inspectierobot voor controle op mogelijke gaslekken, is gebruikt in combinatie met het 5G-netwerk van KPN. Door het 5G-netwerk is de robot op afstand nauwkeurig te besturen.

Ook wordt gekeken hoe 5G kan helpen bij het verbeteren van de controle van de 170.000 km aan pijpleidingen. Dit vindt plaats via bijvoorbeeld HD-camera's op auto's of drones. In theorie zou het hiermee mogelijk moeten zijn om van correctief onderhoud naar preventief onderhoud te gaan. Ook wordt het koppelen van draadloze sensoren onderzocht.

Verder helpt het gebruik van 'slimme' helmen in het verbeteren van onderhoudswerkzaamheden omdat de inspecteurs in direct contact staan met collega's op afstand. Via AR kunnen deze helmen ook de inspecteurs helpen.

6.7 T-Mobile NL in Den Haag⁸⁰

Voor de commerciële uitrol die nu gaande is, testte T-Mobile NL in Den Haag al op een aantal 5G-testlocaties. Eén van deze locaties is het *Living Lab* in Scheveningen van de gemeente Den Haag. Hier wordt over een aantal kilometers (van het Zwarte Pad tot en met de haven) 5G getest voor en met bewoners, bezoekers, en ondernemers. Onderzoeksonderwerpen zijn onder meer het vergroten van veiligheid tijdens evenementen, vergroten bereikbaarheid en beter internet, energiebesparing, et cetera. De gemeente is ook aan het kijken welke technieken er nodig zijn om apparatuur aan te sluiten zoals ondergrondse kabels en waar meetapparatuur geplaatst kan worden (bijvoorbeeld aan lantaarnpalen,

⁷⁸ www.kpn.com/zakelijk/blog/snuffelrobots-en-slimme-helmen-5g-bij-shell-pernis.htm

⁷⁹ www.kpn.com/zakelijk/blog/snuffelrobots-en-slimme-helmen-5g-bij-shell-pernis.htm

⁸⁰ <https://newsroom.t-mobile.nl/gemeente-den-haag-en-t-mobile-openen-5g-laboratorium/>,
<https://newsroom.t-mobile.nl/t-mobile-opent-5g-onderzoekslocaties/>

kiosken en banken). Ook zal bekeken worden of kleine 5G-antennes in lantaarnpalen kunnen worden verwerkt.

Voorbeelden van projecten in het Living Lab in Scheveningen zijn:

- *Smart city hubs*. Dit zijn lantaarnpalen die alleen licht geven als dit nodig is;
- Tests in het natuurgebied voor het digitaal tellen van dieren;
- Slimme openbare aansluitingen op de elektriciteit voor hulpdiensten en organisatoren van evenementen.

Naast het Living Lab in Scheveningen heeft T-Mobile NL ook testlocaties in hun hoofdkantoor naast station Den Haag Holland Spoor en in het *Central Innovation District*, het gebied tussen de drie Haagse NS-stations CS, HS en Laan van NOI. Hier wordt geëxperimenteerd met verschillende frequentiebanden: 700 MHz, 3,5 GHz, en 26 GHz.

Het 5G-lab in het Central Innovation District bevindt zich in het gebouw The Hague Tech, een verzamelgebouw voor startups. Het lab is tot stand gekomen in samenwerking met de World Startup Factory.

In Den Haag zijn vier vergunningen afgegeven voor testen van 5G met 3,5 GHz, waarvan twee voor in pandig gebruik. Eén van de vergunningen is gegeven aan TNO voor hun 5G-Test Lab in New Babylon. Dit lab heeft echter geen relatie met de testlabs van T-Mobile NL. Paragraaf 6.11 geeft nadere informatie over het 5G-Test Lab van TNO.

6.8 5Groningen in de provincie Groningen⁸¹

In de provincie Groningen voert het consortium 5Groningen een 5G-pilotproject uit waarin diverse use cases in een ruraal gebied worden uitgetest, zie ook de Monitor Najaarseditie van 2019 en Figuur 12. Het consortium bestaat uit de MNO's VodafoneZiggo en KPN, de leveranciers Ericsson en Huawei en verder uit Agentschap Telecom, Rijksuniversiteit Groningen, SURF, TNO, Hanzehogeschool Groningen, en VMware/Dell EMC. Het project wordt financieel gesteund door de Economic Board Groningen met subsidie van het Europese fonds EFRO.



Figuur 12: Testen van de mogelijkheden van 5G voor rurale toepassingen in het field lab van 5Groningen⁸²

Het project voert een aanzienlijk aantal activiteiten uit op meerdere gebieden zoals de zorg (zie Paragraaf 4.3), verkeer & logistiek, energie, landbouw, leefomgeving

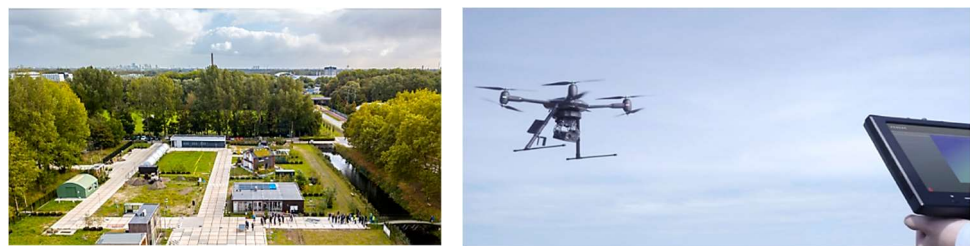
⁸¹ www.5groningen.nl/

⁸² www.5groningen.nl/over-5groningen/wat-kunt-u-als-ondernemer-bij-5groningen

en *smart industry*. Dit vindt plaats op verschillende locaties, waaronder een Living Lab op de campus van de Rijksuniversiteit Groningen. Inpandig wordt gebruik gemaakt van de 3,5 GHz-band maar met beperkt zendvermogen in verband met mogelijk verstoring van het satellietstation in Burum.

6.9 DoloT in Delft en Katwijk/Valkenburg⁸³

De TU Delft is recent gestart met het project DoloT (*Delft on Internet-of-Things*). Dit project dat gesubsidieerd wordt door het Europese fonds EFRO (Europees Fonds voor Regionale Ontwikkeling) zal samen met partners onderzoek doen naar 5G voor Internet-of-Things. Als onderdeel van het project zal een field lab opgezet worden op tenminste twee locaties: *the Green Village* op de campus van de TU Delft (Figuur 13) en *the Unmanned Valley* op het voormalig militaire vliegveld Valkenburg bij Katwijk.



Figuur 13: The Green Village (l) en IoT-onderzoek aldaar met 5G-empowered drones (r) [83]

Het consortium dat het project uitvoert bestaat uit: TU Delft, TNO, Gemeente Delft, Gemeente Katwijk, Metropoolregio Rotterdam Den Haag, Holland Rijnland, en Provincie Zuid-Holland, met daarbij The Green Village, Unmanned Valley, Robovalley, Mobility Innovation Center Delft, BTG/TGG, SURF en MCS. De meerwaarde van dit consortium is dat hieraan MNO's en conventionele leveranciers niet deelnemen. Hierdoor is ook geen sprake van directe sturing of beïnvloeding door de agenda's van deze laatste partijen en komt de nadruk meer te liggen op de meerwaarde van de toepassingen voor de potentiële gebruiker in plaats van (ook of vooral) op de meerwaarde voor de *enablers*.

Met in totaal circa 30 MKB-bedrijven zullen zes pilotprojecten uitgevoerd worden:

- IoT in automated mobility;
- IoT in autonomous aviation;
- IoT in smart logistics;
- IoT in smart manufacturing;
- IoT in healthcare, research & education;
- IoT in smart cities & urban living.

6.10 5G-Mobix in Helmond⁸⁴

In het Europese project 5G-Mobix worden testen uitgevoerd met 5G in het kader van *mobility* met de nadruk op *cross-border trials*. Diverse use cases op het gebied van CCAM (Cooperative, Connected and Automated Mobility) worden onderzocht zoals samenwerken bij inhalen en samenvoegen van snelwegstroken, *truck platooning*, *valet parking*, assistentie bij rijden in de stad, detectie van weggebruikers, afstandsbediening van het voertuig, doorkijk door voertuigen, HD-

⁸³ www.tudelft.nl/internetofthings/, <https://www.tudelft.nl/internetofthings/fieldlab/>

⁸⁴ www.5g-mobix.com/

kaartupdate en media & entertainment⁸⁵.

Het consortium bestaat uit 59 partners waaronder TNO, KPN, Gemeente Helmond en Ericsson en vindt plaats in tien landen. In Nederland is het project vooral actief in en om Helmond, dat wil zeggen op en rond de Automotive Campus waar proeven gedaan worden met het ondersteunen van auto's op en rond de (snel)wegen tussen Eindhoven en Helmond (de A270 en N270). Het gaat hier nog om testritten met specifieke testauto's (zie Figuur 14) en niet om live tests met deelnemende automobilisten en hun aangepaste voertuigen.



Figuur 14: Interieur van testauto voor 5G *automotive* testen [TNO]

Ten behoeve van het testen van 5G in en om Helmond zijn er verschillende testlicenties uitgegeven in de 3,5 GHz-band.

Naast de Nederlandse test sites zijn er ook testen en sites in het buitenland:

- Grenstest Griekenland – Turkije;
- Grenstest Spanje – Portugal;
- Trial locaties in China, Finland, Frankrijk, Duitsland en Zuid-Korea.

6.11 5G-Test Lab bij TNO⁸⁶

TNO beschikt over zijn eigen 5G-test lab, genaamd Hi5 (zie Figuur 15). Dit gebeurt onder meer in het kader van de volgende projecten waarin TNO betrokken is:

- 5Groningen in Den Haag en Groningen;
- 5G-Mobix in Den Haag en Helmond;
- DoloT in Den Haag, Delft en mogelijk Valkenburg en Noordwijk.

Naast het ondersteunen en deelnemen in deze projecten is het test lab ook nuttig voor het verkrijgen van hands-on ervaring en kennis en het uittesten van de nieuwste innovatieve ideeën waarmee TNO innovatie bij bedrijven kan ondersteunen. Ook kunnen 5G-randapparaten met behulp van dit test lab getest worden.

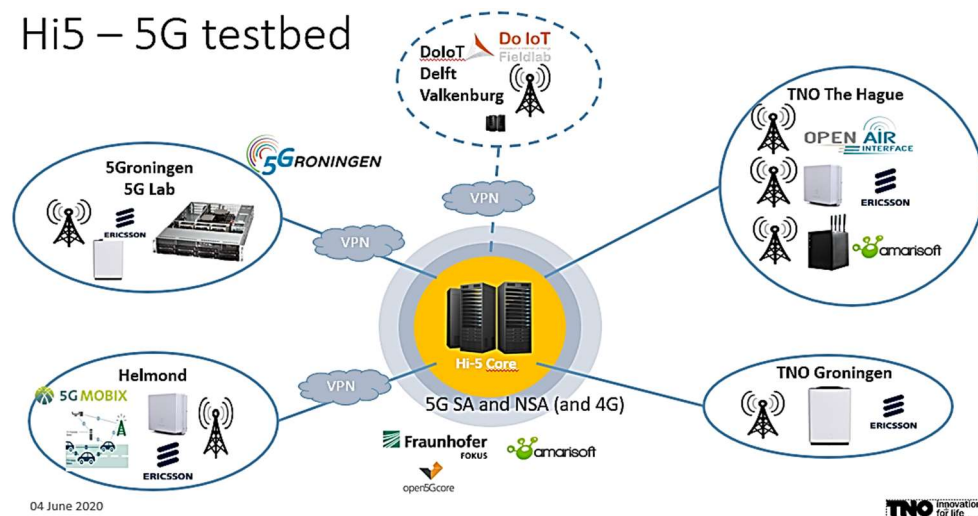
Het TNO 5G-test lab bestaat uit een combinatie van software en hardware, voornamelijk voor respectievelijk het 5G *core network* en het 5G-radionetwerk. Er

⁸⁵ <https://cordis.europa.eu/project/id/825496>

⁸⁶ www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2020/6/tno-lanceert-volwaardig-5g-testnetwerk/

wordt onder andere gebruik gemaakt van software van het Duitse Fraunhofer Fokus en van het Franse bedrijf Amarisoft. Hardware is onder meer afkomstig van Ericsson en van Amarisoft.

Hi5 – 5G testbed



Figuur 15: Opzet TNO Hi5 testbed [TNO]

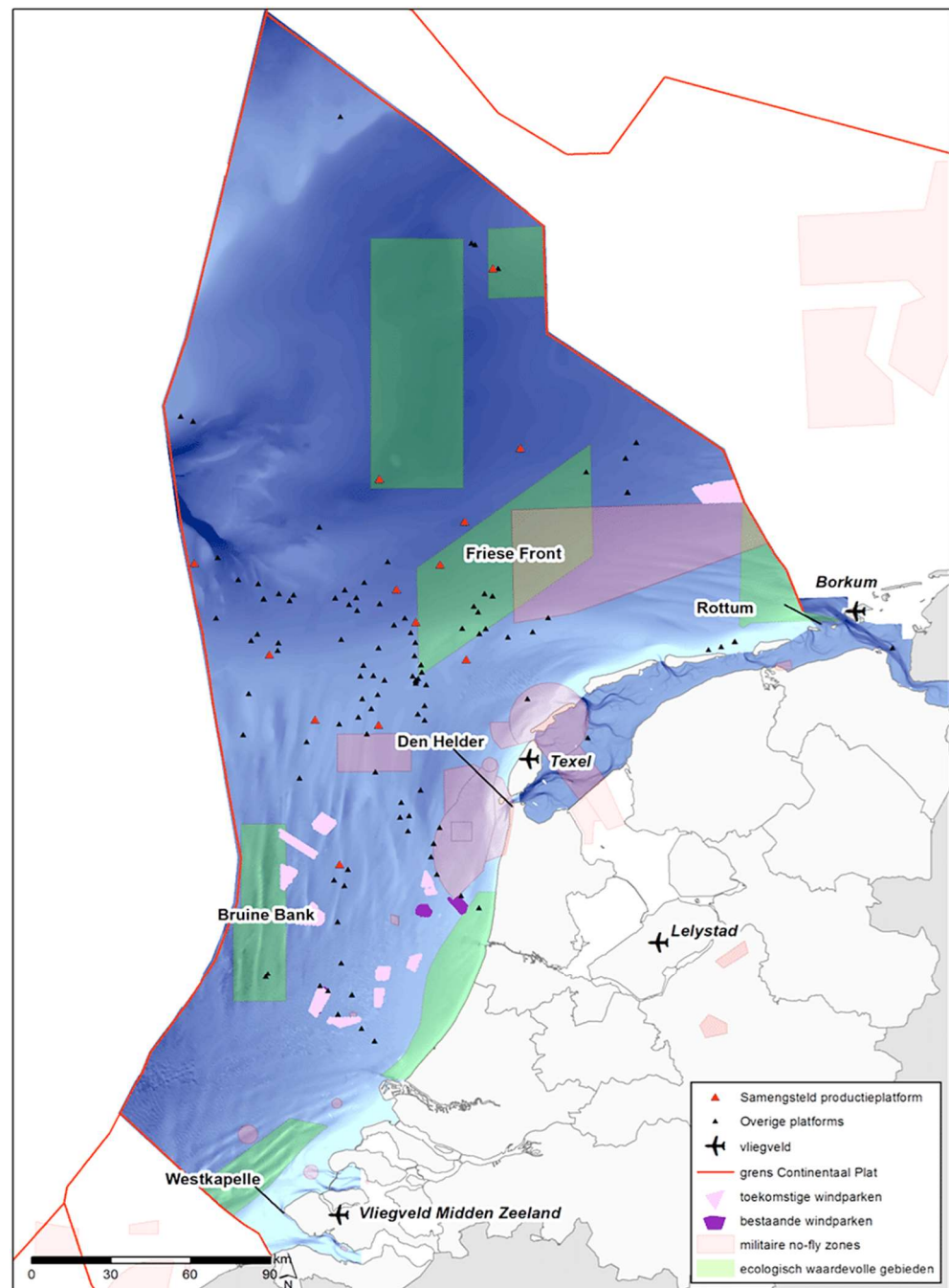
6.12 Beoogd Noordzee field lab

Op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) in de Noordzee⁸⁷ (Figuur 16) is een toekomst-vaste digitale communicatie-infrastructuur nodig. Op dit moment wordt communicatie ad-hoc en ongecoördineerd geleverd op bestaande (olie)platformen, windmolens en via satellietcommunicatie. Dit is echter niet dekkend voor alle gebruikers binnen het hele NCP en is niet toekomst-vast door het langzaam afbreken van platformen. De huidige manieren van communiceren: marifoon, satelliet, straalverbindingen en glasvezelverbindingen vormen een lappendeken van communicatietechnieken met veel beperkingen. Voor toekomstige communicatiebehoeften van de overheid, burgers en commerciële partijen is dit niet meer voldoende. Het gaat dan bijvoorbeeld om handhaving op zee, sensornetwerken van het KNMI, onderhoud van windmolenparken, ondersteuning van reddingsacties van de KNRM, et cetera. Dekking vanuit land-gebaseerde mobiele netwerken is nu slechts gerealiseerd tot enkele kilometers uit de kust. Een volledige mobiele dekking op de Noordzee lijkt lastig en commercieel niet haalbaar voor de mobiele operators wanneer ze ieder voor zich een netwerk met opstelpunten en RAN (Radio Access Network) op zee moeten uitrollen. De in 2019 aangekondigde samenwerking tussen KPN en de in maritieme dekking gespecialiseerde Noorse telecomleverancier Tampnet biedt echter perspectieven voor de uitbreiding van het 4G-dekkingsgebied op het NCP in de Noordzee⁸⁸. In 2020 heeft deze samenwerking geleid tot een daadwerkelijke vergroting van het

⁸⁷ Verspreiding en abundantie van zeevogels en zeezoogdieren op het Nederlands Continentaal Plat in 2014-2015, R.C. Fijn et al., RWS-Centrale Informatievoorziening BM15.20, 23 december 2015, www.researchgate.net/publication/311533308_Verspreiding_en_abundantie_van_zeevogels_en_zeezoogdieren_op_het_Nederlands_Continental_Plat_in_20152016_-_Distribution_and_abundance_of_seabirds_and_marine_mammals_in_the_Dutch_North_Sea_in_201415

⁸⁸ www.computable.nl/artikel/nieuws/mobility/6839140/250449/kpn-en-tampnet-breiden-4g-netwerk-uit-op-noordzee.html

dekkingsgebied op de Noordzee⁸⁹ die het mogelijk maakt voor watersporters, passagiers van cruise schepen, vissers, en zakelijke gebruikers om gebruik te maken van het Nederlands mobiele netwerk als ze meer dan 15 km uit de kust zijn. In 2019 heeft ook T-Mobile aangekondigd de dekking op de Noordzee te verbeteren⁹⁰, op basis van opstelpunten op windparken.



Figuur 16: Omvang, ligging en inrichting van het Nederlands Continentaal Plat [87]

Als deelverantwoordelijke voor de Noordzee en voor de communicatie hierop is Rijkswaterstaat, onderdeel van het Ministerie voor Infrastructuur en Waterstaat, een

⁸⁹ www.kpn.com/zakelijk/blog/4g-dekking-op-de-noordzee.htm

⁹⁰ <https://newsroom.t-mobile.nl/t-mobile-verbetert-dekking-capaciteit-en-bereikbaarheid-op-de-noordzee/>

onderzoek gestart naar de mogelijkheden om samen met kennisinstituten en marktpartijen een zogenaamde *Connectivity Field Lab North Sea* in te richten. Het doel daarvan is testen uit te voeren met mix aan communicatietechnieken voor gebruik op de Noordzee. Ook 5G zal behoren tot de te onderzoeken opties naast andere technieken zoals LTE Cat-M en NB (Narrow Band)-IoT. Primair wil Rijkswaterstaat onderzoeken of apparatuur die al op de markt verkrijgbaar is of binnenkort komt, ook inzetbaar zal zijn voor draadloze communicatie op de Noordzee.

Mogelijkerwijs gaat TNO hiervoor zijn 5G-kennis en -testplatform inbrengen. Onderzoeksonderwerpen zijn bijvoorbeeld: hoe kun je met ver gelegen opstelpunten toch een radionetwerk op zee aanleggen en wat is dan de performance, wat is het bereik op zee van de gebruikte radiofrequenties in relatie tot antennes en masten? Verder is het van belang inzicht te krijgen in het mogelijke effect van zee en zeegolven op het netwerk. Hier valt te denken aan onderbrekingen bij hoge golven, reflectie-effecten door het water en de invloed van het weer.

6.13 Concluderend

Er is een opmerkelijke veelheid aan 5G-pilots en field labs in Nederland actief. Daarnaast bestaat een aantal ideeën voor experimenten en field labs.

Alle drie de MNO's in Nederland voeren pilotprojecten uit op meerdere locaties waarvan de spreiding per operator verschilt van één stad tot een regio binnen Nederland. Vrijwel altijd is een MNO aangesloten bij een bestaand nationaal consortium van partijen zoals gemeenten en de telecomindustrie of wordt vaak een bestaande faciliteit gebruikt.

Vanuit publieke bronnen zijn echter geen concrete tussentijdse resultaten, planningen of eindtermen bekend van pilots. Dit is begrijpelijk omdat het in principe trials betreft waarin een commerciële partij is betrokken waardoor met deze informatie dito belangen kunnen zijn gemoeid. Ook wordt niet duidelijk hoe concreet doelstellingen van pilots zijn. Wel is evident dat het gaat om experimenteren in de praktijk en het (laten) kennismaken van burgers en bedrijven met de 5G-technologie en de mogelijkheden ervan. Deze interactie met potentiële gebruikers, waaronder ook organisaties en bedrijven, op een dergelijke schaal is uniek voor de introductie van een nieuwe generatie mobiele communicatie.

7 Tot besluit

Voor eventuele vragen of opmerkingen naar aanleiding van deze Monitor Draadloze Technologie kunt u contact opnemen met TNO, via het e-mailadres monitordraadlozetechnologie@tno.nl.

Graag wijzen wij u op de mogelijkheid om deze Monitor Draadloze Technologie, of delen daarvan, door TNO te laten presenteren voor doelgroepen binnen de Nederlandse telecommunicatiesector. Voor verdere informatie hierover verzoeken wij u contact op te nemen via bovengenoemd e-mailadres, of met een van de auteurs van dit rapport.