

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 2019 R11692 | v1.0

*Monitor Draadloze Technologie**Najaar 2019*

Datum	november 2019
Auteur(s)	Ir. F.B. Drijver, Ir. A.H. van den Ende, Ir. R. Overduin, Dr. A.V. Pais, Dr. H. Zhang, Dr. Ir. M.R. Vonder
Opdrachtgever	Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
Projectnaam	Monitor Draadloze Technologie 2019
Projectnummer	060.37528

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.

© 2019 TNO

TNO PUBLIEK

Inhoudsopgave

1	Inleiding	3
1.1	Het 'speelveld' van draadloze communicatie	3
1.2	De Monitor Draadloze Technologie	3
2	Nota Mobiele Communicatie	5
2.1	Terugblik op ontwikkelingen	5
2.2	Eindversie van de NMC: uitgelichte topics	5
3	Tendensen in cellulaire communicatie bij consumenten en providers	9
3.1	Het gebruik van mobiele gebruikersapparatuur in Nederland	9
3.2	Gebruik van 4G in Nederland	11
3.3	De opkomst van 5G	11
3.4	Plannen van Nederlandse mobiele operators voor 5G	12
3.5	Mobiele virtuele netwerkkoperators in Nederland	13
4	Mobiel breedband voor de Openbare Orde en Veiligheid	15
4.1	Inleiding	15
4.2	Beeldinformatie wordt essentiële aanvulling voor hulpdiensten.....	15
4.3	Risico van capaciteitsschaarste tijdens calamiteiten.....	17
4.4	Perspectieven van slicing	19
5	AgriFoodTech met behulp van 5G	21
5.1	5Groningen	21
5.2	5G <i>weed robot</i> in Valthermond	24
5.3	Koeien met 5G-halsbanden	24
5.4	Conclusie voor AgriFoodTech	24
6	Status en voortgang van 5G-standaardisatie	25
6.1	Algemene stand van zaken en planning.....	25
6.2	5G-initiatieven in relatie tot smart industry	26
7	Mobiele eindapparatuur: recente ontwikkelingen	27
7.1	De komst van telefoons met buigbare schermen	27
7.2	De eerste 5G smartphones	28
8	Tot besluit.....	31

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 2019 van de Monitor Draadloze Technologie uiteengezet.

1.1 Het 'speelveld' van draadloze communicatie

Op het gebied van draadloze technologie spelen de nodige ontwikkelingen rondom onder meer mobiele technologie van 4G (LTE: Long Term Evolution) en 5G. De verwachtingen rond 5G zijn algemeen hooggespannen omdat deze technologie voorziet in het breed beschikbaar worden voor consumenten en professionele gebruikersgroepen van innovatieve toepassingen die met de tot nu toe beschikbare generaties cellulaire technologie niet mogelijk zijn.

Totdat het zover is, zal in de periode tot de uitrol van 5G in Europa in de komende jaren netwerk operators via LTE (4G) en LTE-Advanced (4,5G) voorzien in het accommoderen van het wederom aanzienlijk gegroeide mobiele dataverkeer waarbij tegelijkertijd oudste generaties netwerken worden afgebouwd.

Vanuit de industrie wordt gewerkt aan de verbetering van gebruikersapparatuur, juist om voor te sorteren op 5G. In dit verband is het interessant om de peilstok te steken in het gebruik van eindapparatuur en applicaties door de (Nederlandse) consument en daaruit enigszins een idee te krijgen over de acceptatie van voorziene innovatieve 5G-toepassingen zoals VR (*virtual reality*) voor *gaming* of voor *telepresence*.

Naast consumenten zijn er andere gebruikerssectoren met hun specifieke eisen en toepassingen die bediend kunnen worden door 5G. Drie van deze toepassingssectoren of *verticals* die in ieder geval belangrijk zijn voor Nederland zijn de openbare orde en veiligheid (OOV), de geautomatiseerde industrie en de geautomatiseerde landbouwsector. Binnen de 5G-standaardisatie zijn deze *verticals* beschreven naast oplossingen voor zelfrijdende voertuigen en IoT (*Internet-of-Things*) voor de energiesector. De voortgang van de 5G-standaardisatie bepaalt de timing van geharmoniseerde 5G-systemen en is dus van groot belang voor de inschatting van wanneer oplossingen beschikbaar komen.

Om mobiele netwerk operators in staat te stellen om de groei in mobiel dataverkeer te ondersteunen en om in de toekomst sectorspecifieke toepassingen voor *verticals* op 5G-netwerken te kunnen bieden, voorziet het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat in beleid voor onder meer het vrijmaken en veilen van nieuwe frequenties voor mobiele netwerken. De nieuwe Nota Mobiele Communicatie, verschenen op 11 juni 2019, verwoordt dit beleid.

1.2 De Monitor Draadloze Technologie

Met de Monitor Draadloze Technologie beoogt TNO een actueel en toegankelijk overzicht te 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 2019 gekozen om de informatie te ontsluiten in twee edities van het rapport, met een voorjaars- en najaarseditie met recente trends en ontwikkelingen:

- Voorjaarseditie 2019: 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 2019;
- Najaarseditie 2019: 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:

In Hoofdstuk 2 wordt de nieuwe versie van de Nota Mobiele Communicatie toegelicht, waarbij tevens een korte terugblik wordt gegeven op gerelateerde ontwikkelingen vanaf voorjaar 2018. Vervolgens worden in Hoofdstuk 3 tendensen in cellulaire communicatie bij zowel consumenten als providers besproken, met nadruk op Nederland.

In Hoofdstuk 4 wordt ingegaan op mobiele breedbandcommunicatie voor de OOV-sector. Als tweede toepassingsgebied wordt in Hoofdstuk 5 aangegeven wat de stand van zaken en verwachtingen zijn rond het gebruik van 5G binnen *AgriFoodTech* (voorheen *smart agriculture*) in Nederland.

Hoofdstuk 6 geeft inzicht in de status en voortgang van de 5G-standaardisatie waarbij ook het verband wordt aangegeven met *smart industry* en 5G-initiatieven rond deze toepassingssector.

Tot slot wordt in Hoofdstuk 7 aandacht besteed aan ontwikkelingen rond de functionaliteiten en uitvoeringsvormen van moderne mobiele gebruikersapparatuur.

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 Nota Mobiele Communicatie

De finale versie van de Nota Mobiele Communicatie (NMC)¹ is sinds medio dit jaar een feit na een periode waarin zich voor deze nota relevante ontwikkelingen voltrokken. Om de NMC en zijn totstandkoming te kunnen plaatsen zal eerst zeer kort worden ingegaan op deze gebeurtenissen en hun volgordelijkheid voordat enige inhoudelijke aspecten van de NMC aan bod komen.

2.1 Terugblik op ontwikkelingen

In 2017 is een consultatieversie uitgebracht van de NMC- het doel en de achtergronden van deze nota zijn te vinden in de voorjaarseditie van de Monitor Draadloze Technologie 2017.

De uiteindelijke versie van de NMC waarin commentaar van voornamelijk de mobiele operators op de oorspronkelijk voorgestelde verdeling en toewijzing van het spectrum was verwerkt, stond aanvankelijk gepland eind 2017. De definitieve versie werd door het Ministerie van Economische Zaken echter pas op 11 juni j.l. uitgebracht. De oorzaak van deze vertraging was de onzekerheid rond de mogelijke gevolgen van de fusie van de netwerkaanbieders T-Mobile en Tele2 voor de zogenaamde Multibandveiling die de banden 700, 1400 en 2100 MHz betreft. De lezer wordt verwezen naar de voorjaarsrapportage van de Monitor Draadloze Technologie 2018 voor nadere details over de ontwikkelingen rond de NMC vanaf medio 2017 tot medio 2018.

Na goedkeuring en de visie van respectievelijk de Europese Unie op 27 november 2018 en vervolgens van de ACM (Autoriteit Consument en Markt) op 9 april 2019 was het mogelijk onder andere de implicaties voor de Multibandveiling van deze fusie te verwerken en de nota af te ronden.

In kort bestek geeft de volgende paragraaf aan wat belangrijke inhoudelijke punten zijn van de finale versie van de NMC, vooral in vergelijking tot de situatie van eind 2017 en hoe de planning voor de toekomstige veilingen eruit ziet.

2.2 Eindversie van de NMC: uitgelichte topics

2.2.1 *Verdeling van spectrum*

De Nota Mobiele Communicatie (NMC) beschrijft voorstellen voor het beleid voor de verdeling van spectrum ofwel frequenties voor mobiele communicatie in de komende jaren en bijbehorende maatregelen. Het gaat in ieder geval om de volgende banden:

- 700 MHz (694-790 MHz, waarbinnen de gepaarde banden 703-733 MHz en 758-788 MHz)
- 1400 MHz (1452-1492 MHz)
- 2100 MHz (gepaarde banden 1920–1980 MHz en 2110–2170 MHz)
- 3,5 GHz-band (3,4-3,8 GHz)
- Frequenties boven 6 GHz, de 'millimetergolf-frequenties', met name 26 GHz (24,25 GHz en 27,5 GHz).

¹ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnota-s/2019/06/11/nota-mobiele-communicatie-2019>

Hierbij moet worden opgemerkt dat het beleid beschreven in de NMC algemeen is. Als er om een bepaalde reden meer frequenties beschikbaar komen, worden deze dus verdeeld volgens dit beleid.

De verdeling van de eerste vier spectrumdelen zal plaatsvinden door frequentieverveilingen. De veiling van de 3,5 GHz-band zal plaatsvinden na die van de Multibandveiling om de netwerkaanbieders in staat te stellen om, afhankelijk van de uitkomst van de Multibandveiling, hun behoefte voor de 3,5 GHz-band en daarmee hun inzet voor de veiling ervan, vast te stellen. De Multibandveiling staat gepland voor het voorjaar van 2020 en de veiling van de 3,5 GHz-band voor eind 2021-begin 2022.

De 3,5 GHz-band is voor Nederland van groot belang voor 5G. De NMC stelt dat 5G voor maatschappij en economie een belangrijke ontwikkeling vormt omdat deze een *enabler* vormt voor vele (innovatieve) diensten, zowel voor consumenten als voor specifieke groepen zoals professionals. De dientengevolge verwachte groei in datacommunicatie zal met voldoende spectrum moeten worden ondersteund.

2.2.2 *Complicaties en specifieke aandachtspunten bij spectrumverdeling*

Door de fusie van twee netwerkaanbieders is het oorspronkelijke aantal gedaald van vier naar drie. Bij de deelname van voldoende partijen aan frequentieverveilingen ten behoeve van een gezonde, evenwichtige onderlinge concurrentiepositie werden dan ook vraagtekens geplaatst. De ACM is gevraagd deze marktsituatie te analyseren, eveneens met oog op de toekomstige ontwikkeling hiervan en op basis daarvan te adviseren over te nemen ordenende maatregelen. De ACM stelde dat met drie partijen nog voldoende onderlinge concurrentie is maar dat wel het toepassen van spectrumcaps bij beide frequentieverveilingen gewenst is. Reserveren van frequenties voor bepaalde doelgroepen acht de ACM voor de komende veiling niet nodig². Dit advies is overgenomen en verwerkt in de NMC.

Een andere complicerende factor en wel bij de timing van de veilingen is de reeds vastgestelde interferentie van 5G op het interceptiedeel van het Defensie-satellietgrondstation in Burum. Hierdoor zal een alternatief moeten worden vastgesteld voor de interceptiefunctie in Burum. Volgens de NMC en de kamerbrief van de staatssecretaris³ zal al voorafgaand aan consultatie van de veilingregeling van de Multibandveiling duidelijkheid worden gegeven over dit alternatief, ervan uitgaande dat voor september 2022 deze oplossing gerealiseerd kan worden. Mocht dit niet haalbaar blijken dan zal "het noodzakelijk zijn om voor een korte periode overbruggingsmaatregelen te treffen".

In verband met de komende Multibandveiling is het van belang om te zoeken naar oplossingen voor bestaande gebruikers van delen van de 700 MHz- en 2100 MHz-banden. Het gaat hier om digitale ethertelevisie in de 700 MHz-band, bedrijven die niet-landelijke vergunningen hebben (voor gebruik in drukke gebieden) en om niet-continue gebruik van de *Program Making and Special Events (PMSE)*-sector. Ook moet rekening worden gehouden met coëxistentie van toekomstig gebruik met dat van kabelbedrijven die delen van de 700 MHz-band toepassen in de coax-infrastructuur van hun netwerken.

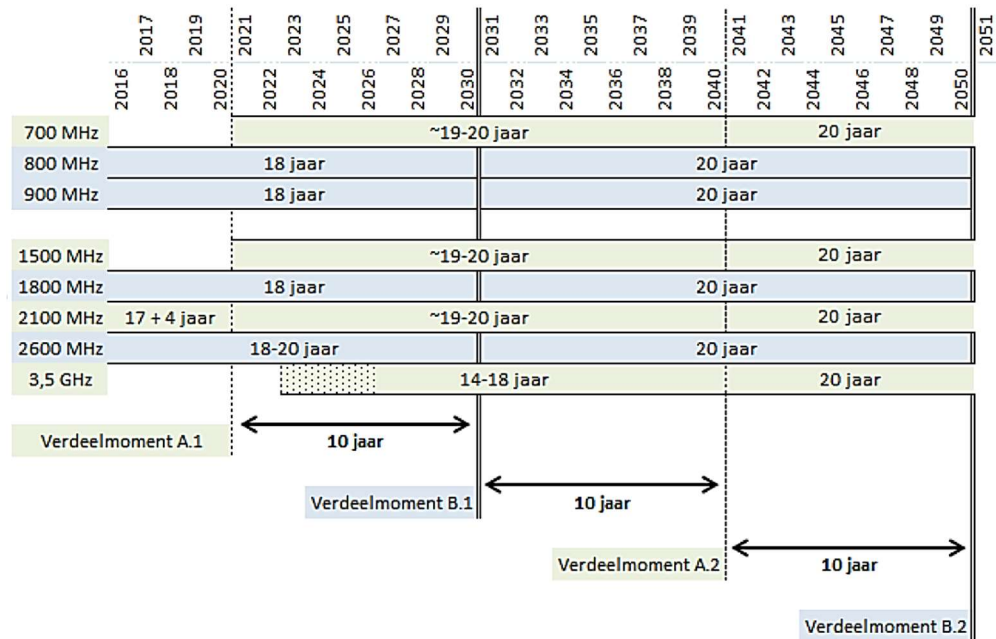
De 2100 MHz-frequenties zijn voor bestaande vergunninghouders een belangrijke component in met name hun 4G-netwerken. Momenteel is het spectrumbezit in de

² <https://www.acm.nl/sites/default/files/documents/frequentieverveiling-advies-2019.pdf>

³ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2019/06/11/kamerbrief-over-nota-mobiele-communicatie-2019>

deze band echter gefragmenteerd. Bij de Multibandveiling wordt erin voorzien dat vergunninghouders aaneengesloten spectrum verwerven.

De verdeelmomenten en vergunningstermijnen zijn zodanig op elkaar afgestemd dat aanbieders tijdig zouden moeten kunnen anticiperen op consequenties bij het aflopen van hun vergunning(en). In de definitieve versie van de NMC is een ten opzichte van 2017 bijgesteld overzicht opgenomen van de vergunningstermijnen en verdeelmomenten in de tijd voor de diverse frequentiebanden (Figuur 1). Hierin is nu ook de 3,5 GHz-band opgenomen.



Figuur 1: Tijdslijnen van verdeelmomenten en vergunningstermijnen.

NB: met de aanduiding 1500 MHz (links) wordt de L-band bedoeld. Deze is in de NMC 2017 als 1400 MHz aangemerkt

Tabel 1 geeft een samenvatting van relevante aspecten van de drie frequentiebanden die te verdelen zijn bij de Multibandveiling.

Tabel 1: Mogelijke bestemmingen, omvang en beschikbaarheidsjaar van te veilen banden

Band [MHz]	Mogelijke bestemmingen	Totale ruimte [MHz]	Verkaveling [MHz]	(opnieuw) Beschikbaar
700	Commercieel voor ruraal gebied; PPDR (out- en indoor)	2x30, gepaard	2x5	2020
1400	Supplemental downlink	1x40, ongepaard	1x5	2020
2100	Van 3G naar 4G en 5G	2x60, gepaard	2x5	2021

De eindversie van de NMC besteedt verder ruime aandacht aan hoe en waarom e.e.a. rond verkaveling en spectrumcaps is georganiseerd.

2.2.3 Kwaliteitseisen voor de aanbieders

In de eindversie van de NMC staan naast onder meer een genuanceerde ingebruiknameverplichting die 'nieuwkomers' ontziet, kwantitatieve eisen rond

dekking en datasnelheden voor de aanbieders die vergunningen kopen op de aankomende Multibandveiling. Deze zijn niet verder naar frequentieband gedifferentieerd en gelden dus voor alle drie de banden.

Dekking

Het doel is allereerst de beschikbaarheid van mobiele netwerken te realiseren op plekken waar dit nu nog niet zo is. Daardoor wordt mobiel bellen met het centraal alarmnummer ook daar verzekerd. Daarnaast moet het de beschikbaarheid van mobiel internet op die plekken realiseren zodat diensten zoals browsen, audio- en (standaard kwaliteit) videostreaming er mogelijk worden. Voor bestaande aanbieders geldt dat zij twee jaar na vergunningverlening 98% van de oppervlakte van elke Nederlandse gemeente moet hebben voorzien van dekking. Een eventuele nieuwkomer heeft te maken met minder zware dekkingseisen.

Door een aantal factoren kan in pandige dekking zoals bij mensen thuis of in een ondergrondse parkeergarage niet altijd worden gegarandeerd. Zoals bij het voorkomen en oplossen van interferentiegevallen kan de overheid wel een rol spelen bij het realiseren van dekking waar deze ontbreekt maar wel zeer gewenst is.

Datasnelheden

Binnen het gebied, bedoeld in de 98%-dekkingsregel, en op de rand daarvan moet vanaf twee jaar na vergunningverlening 'met een grote mate van waarschijnlijkheid' overal een minimale datasnelheid van 8 Mbit/s mogelijk zijn voor een gebruiker die zich buitenhuis bevindt. Vanaf zes jaar na vergunningverlening moet dit 10 Mbit/s bedragen. Deze datasnelheden zijn voldoende voor diensten zoals browsen, audio- en (standaard kwaliteit) videostreaming.

Tabel 2: In de NMC geconcipeerde datasnelheden in mobiele netwerken voor 2022 en 2026

jaar	minimaal [Mbit/s]	gemiddeld [Mbit/s]	maximaal [Mbit/s]
2022	8	138,5	4000
2026	10	179,5	7500

De NMC stelt dat dit snelheden zijn die in de minst gunstigste condities op kunnen treden en wijst op verwachte gemiddelden en maxima die meer dan een orde-grootte hoger liggen, zie de twee rechterkolommen van Tabel 2.

2.2.4 *Millimetergolf-frequenties*

De in Paragraaf 2.2.1 genoemde millimetergolf-frequenties en specifiek de 26 GHz-band zijn eveneens belicht in de eindversie van de NMC. Deze band zouden aanbieders kunnen gebruiken voor hoge datasnelheden op drukke plekken via dekking door zogenaamde *small cells*. Op EU-niveau is besloten dat lidstaten de 26 GHz-band beschikbaar moeten maken 'mits er duidelijke marktvaart is'⁴. In aansluiting op dit gestelde in de NMC kan men zich afvragen of deze duidelijke marktvaart daadwerkelijk zal komen. Het zou in onder meer Nederland immers mogelijk kunnen zijn dat 3,5 GHz mogelijk voldoende capaciteit biedt voor *small cells*. Een ander aspect is dat het niet aantrekkelijk is om meerdere 26 GHz-netwerken (een per operator) aan te leggen. Een uitrol zoals met glasnetwerken als gedeelde infrastructuur is dus waarschijnlijk nodig, maar vooralsnog is onbekend hoe dat geregeld kan worden. Ook moeten lokale overheden klaar zijn voor 26 GHz, met benodigde lantaarnpalen en graafwerkzaamheden om al deze palen aan te sluiten.

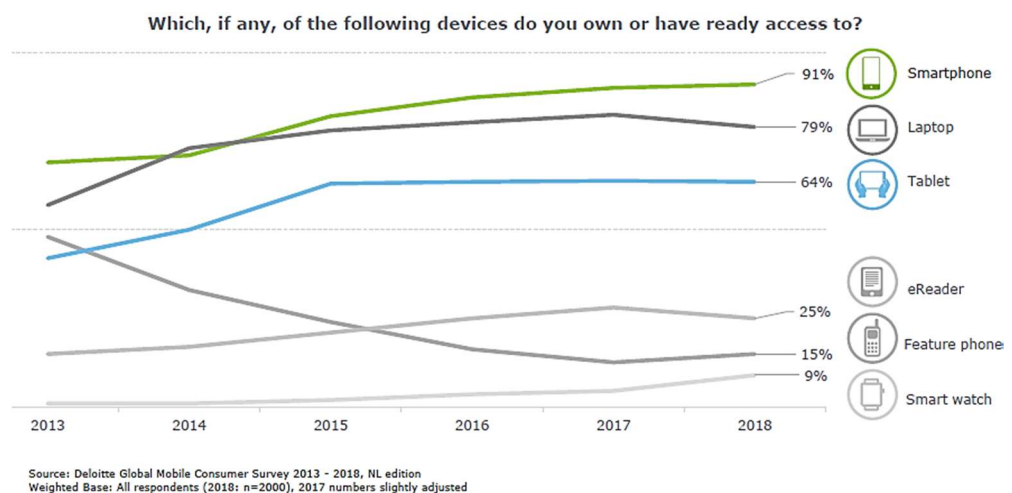
⁴ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/beleidsnota-s/2019/06/11/nota-mobiele-communicatie-2019>, pag. 3

3 Tendensen in cellulaire communicatie bij consumenten en providers

3.1 Het gebruik van mobiele gebruikersapparatuur in Nederland

Volgens de Nederlandse editie van de Deloitte Global Mobile Consumer Survey 2018, heeft de penetratie van smartphones in Nederland 91% bereikt. Dit is een van de hoogste ter wereld (zie Figuur 2). De penetratie van tablets is daarentegen verzadigd en heeft een plateau bereikt van 64% gedurende drie opeenvolgende jaren. Deze stagnatie wordt voornamelijk veroorzaakt door een afname van het gebruik van tablets bij oudere leeftijdsgroepen en de steeds toenemende populariteit van smartphones.

Verder is aannemelijk dat de verzadiging van tabletpenetratie te wijten is aan de beschikbaarheid van smartphones met grotere schermen. Deze moderne smartphones lijken daardoor het voorkeursapparaat te worden voor een breder scala aan activiteiten dan ooit tevoren. Dit is temeer logisch omdat smartphones in meerdere opzichten toegankelijker zijn dan tablets en zeker laptops. Uiteraard zal de verbeterde schermgrootte van de smartphone hierbij helpen. Zo lijken met name gamen (met relatief eenvoudige, games) en het bekijken van korte video's activiteiten te zijn die van tablets naar smartphones verschuiven (zie Figuur 3). Stagnerende en zelfs dalende tabletpenetratie wordt niet alleen waargenomen in Nederland, maar ook in Noorwegen, Ierland en het Verenigd Koninkrijk.



Figuur 2: Device-penetratie in Nederland
[bron: 2018 Deloitte Global Mobile Consumer Survey, Dutch edition]

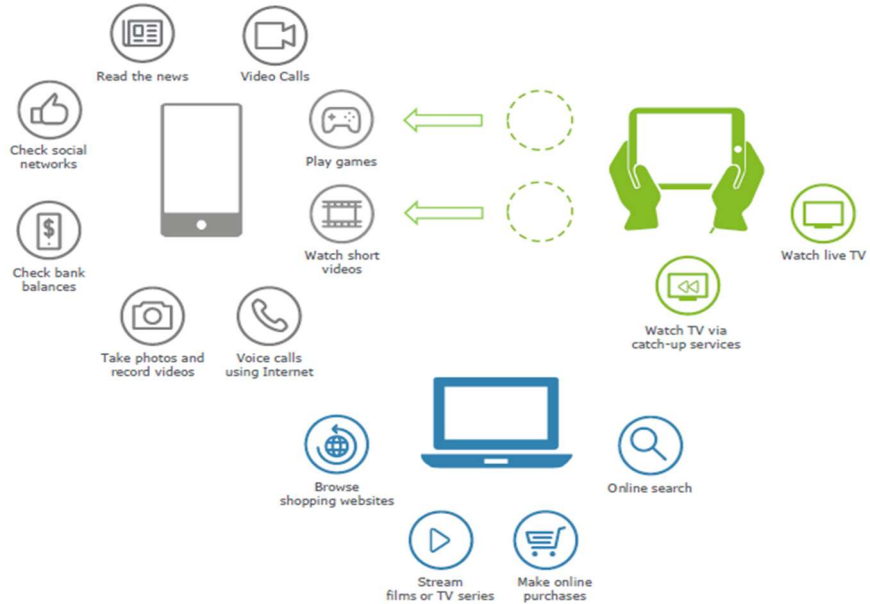
Opgemerkt moet worden dat Deloitte niet expliciet is over een mogelijk verband van de groeiende penetratie van smartphones met de afnemende van laptops. Het is aannemelijk dat zowel smartphones als tablets iets te maken hebben met de verzadiging van het laptopgebruik omdat sinds enige tijd taken verschuiven van laptops naar smartphones en tablets.

Volgens Telecompaper⁵ is het aantal consumenten dat tenminste een maal per maand met hun smartphone online aankopen doet verdubbeld in de laatste vier jaren

⁵ <https://www.telecompaper.com/nieuws/aankopen-met-smartphone-in-vier-jaar-bijna-verdubbeld--1306289>

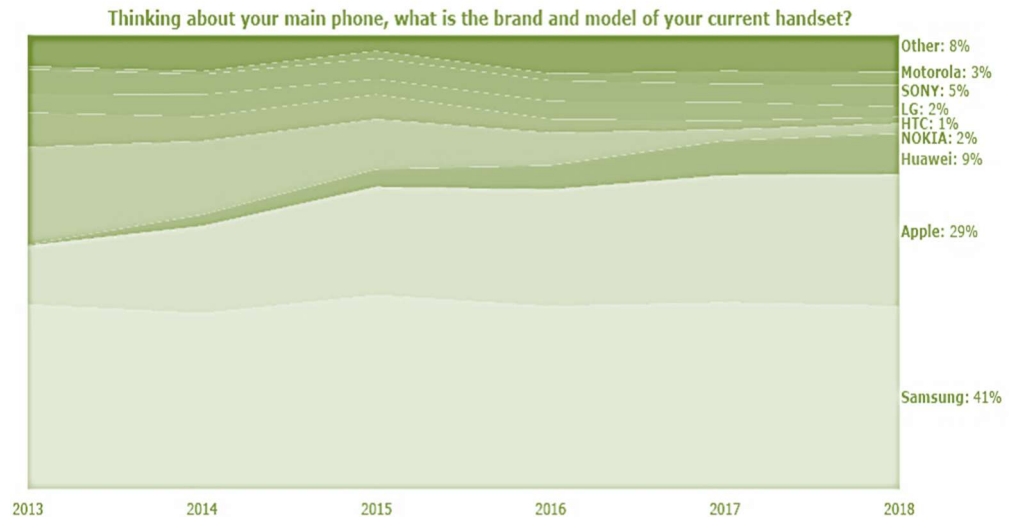
(van juli 2015 tot juli 2019). In juli 2019 kocht 40% van de gebruikers iets met behulp van hun smartphone, een stijging van 22% in vier jaar. Bovendien werd in 2018 bijna 70% van de iDeal-betalingen gedaan op tablets en smartphones⁶.

Which, if any, is your preferred device for each of the following activities?



Figuur 3: Voorkeursapparaten voor diverse activiteiten in Nederland [bron: 2018 Deloitte Global Mobile Consumer Survey, Dutch edition]

Samsung en Apple hebben het grootste marktaandeel voor mobiele apparaten in Nederland met respectievelijk 41% en 29% maar Huawei lijkt met inmiddels 9% aan populariteit te winnen, zie Figuur 4.



Figuur 4: Marktaandeel van mobiele gebruikersapparatuur in Nederland [bron: 2018 Deloitte Global Mobile Consumer Survey, Dutch edition]

Van de landen die zijn onderzocht door de Deloitte Global Mobile Consumer Survey 2018 is het gebruik van Samsung-telefoons het hoogste in Nederland.

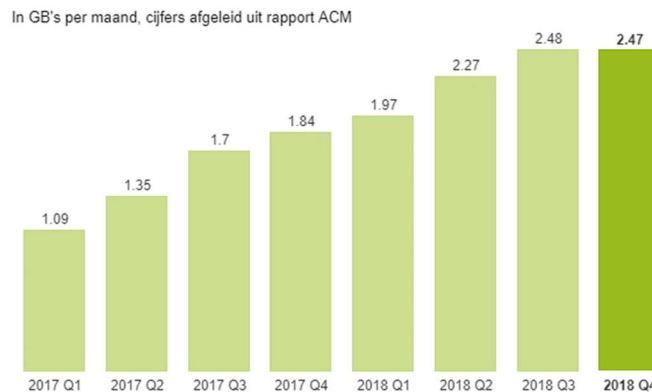
⁶ <https://www.telecompaper.com/news/nearly-70-of-ideal-payments-from-mobile-devices-in-2018--1279563>

De populairste gratis apps in de Nederlandse Apple Appstore eind december 2018⁷ waren WhatsApp, Tikkie (financiële interacties), Instagram, Google Maps en YouTube. Dit is redelijk in overeenstemming met het beeld voor Android over 2019⁸ waarbij we over-all zien dat naast chat en navigatie in recente jaren financiële transacties per smartphone populair geworden zijn en het ontsluiten van video (films en series) naar de smartphone van andere apparaten zoals laptops, desktops en tablets.

De meest populaire betaalde apps van 2018 waren Baby Monitor 3G, Oei ik groei 2018, Plantsnap, Afterlight 2 (beeldbewerking) en Ski Tracks (Wintersport-app). In de recente top tien van apps die in Nederland worden gebruikt⁷ blijken er vijf games te zijn. Dit wijst op een significante groei van mobiel gamen in Nederland in de afgelopen periode. Opmerkelijk is ook dat Spotify Music op deze lijst is verschenen. Tenslotte is het eveneens opmerkelijk dat mobiel Facebook en Facebook Messenger niet op de nationale 'hitlijst' staat, ondanks het feit dat ze behoren tot de populairste wereldwijd gebruikte apps ooit. Dit lijkt contra-intuïtief en zou geheel of ten dele verklaard kunnen worden uit het feit dat deze apps vaak al standaard geïnstalleerd zijn maar wellicht ook uit het sinds 2017 opgelopen verlies aan Nederlandse gebruikers⁹.

3.2 Gebruik van 4G in Nederland

Volgens een OpenSignal-rapport¹⁰ uit 2018 biedt Nederland de beste 4G-dekking in Europa en is het enige Europese land waar alle operators een dekking van minimaal 90% hebben. Gemiddelde 4G-snelheden liggen ruim boven 40 Mbit/s¹¹. Volgens ACM is het datagebruik per abonnee van begin 2017 tot eind 2018 meer dan verdubbeld¹², zie Figuur 5.



Figuur 5: Ontwikkeling van mobiele datagebruik per abonnee in Nederland [bron: ACM]

3.3 De opkomst van 5G

4G bevindt zich nu in een vergevorderd stadium van implementatie in veel ontwikkelde landen waaronder Nederland. Sinds eind 2015 heeft de industrie (binnen

⁷ <https://www.dutchcowboys.nl/mobile/de-populairste-apps-van-dit-moment-en-van-het-jaar-2018>

⁸ <https://www.androidplanet.nl/apps/beste-android-apps-top-100/>

⁹ <https://www.marketingfacts.nl/berichten/social-media-in-nederland-2019-facebook-verliest-meer-dan-een-half-miljoen>

¹⁰ <https://opensignal.com/reports/2018/09/netherlands/state-of-the-mobile-network>

¹¹ <https://www.nu.nl/tech/5458580/nederland-heeft-beste-4g-dekking-van-europa.html>

¹² <https://tweakers.net/nieuws/134203/dataverbruik-4g-doorbreekt-grens-van-zestig-petabyte-in-nederland.html>

3GPP) aanzienlijke inspanningen geleverd om de 5G-standaard te ontwikkelen. Met de eerste 5G-standaard voltooid in 2018, is de focus nu verschoven naar de commerciële realisatie van 5G.

2019 is het jaar geworden waarin de allereerste commerciële 5G-netwerken zijn gerealiseerd. Wereldwijd hebben vanaf mei 2019, 20 operators commerciële 5G-netwerken geïmplementeerd in 294 steden. Hiertoe behoren de operators Swisscom en Sunrise uit Zwitserland, Verizon en AT&T uit de VS, SK Telecom, KT en LG Uplus uit Korea, en T-Mobile Australië.

De belangrijkste driver voor de eerste 5G-implementaties is het vergroten van de datacapaciteit en -snelheid. Testen van piek download-snelheden in diverse netwerken varieerden van circa 460 Mbit/s tot 1,8 Gbit/s¹³. Er zijn al 30 vendors met 5G devices aanwezig op de markt¹⁴ zoals Samsung Galaxy S10, LG V50 ThinQ en OPPO Reno 5G. Veelal is deze apparatuur alleen nog geschikt voor de tussenvorm van 5G waar delen van het kernnetwerk van 4G worden gebruikt, hoewel in toenemende mate volwaardige 5G-eindapparatuur op de markt komt, zoals uiteengezet zal worden in Hoofdstuk 7. De verwachting is echter dat de tijdslijn van het gebruik van 5G in Nederland bepaald wordt door de investeringen van operators in 5G assets en niet door de beschikbaarheid van eindapparatuur (zie Paragraaf 3.4).

Zoals besproken edities van de Monitor Draadloze Technologie uit recente jaren zullen verdere evoluties van 5G, mogelijk gemaakt door toekomstige 5G-standaardiseringsreleases, operators in Nederland en daarbuiten in staat stellen diensten te implementeren die relevant zijn voor verticale markten, dat wil zeggen: diensten die zijn toegesneden op de vraag van ondernemingen of groepen van ondernemingen. Over het algemeen gaat het bij uitstek om de realisatie van diensten die zeer betrouwbare communicatie met lage vertragingen vereisen en om zogenaamde *massive Internet-of-Things* (mIoT).

3.4 Plannen van Nederlandse mobiele operators voor 5G

In Nederland zal het beschikbaar komen van de voor 5G belangrijke 3,5 GHz-frequentieband, de weg openen voor de uitrol van 5G waarbij ook alle eigenschappen rond capaciteit en snelheid daadwerkelijk benut kunnen worden. De 3,5 GHz-band is in gebruik voor defensiedoeleinden door het afluisterstation in Burum. Eind 2018 heeft de regering besloten om een internationale oplossing te zoeken voor het afluisterstation¹⁵ waardoor de 3,5 GHz-band vrij komt voor commercieel nationaal gebruik. Verwacht wordt echter dat frequentieveilingen voor de 3,5 GHz-band pas eind 2021 of begin 2022 zullen plaatsvinden (zie ook Paragraaf 2.2.1). Dit betekent dat 5G-diensten in deze band op zijn vroegst in 2022 in Nederland beschikbaar zullen zijn¹⁶.

Een multiband-frequentieveiling voor de 700, 1400 en 2100 MHz-banden zal plaatsvinden in 2020. Mobiele operators zullen 5G in deze banden kunnen inzetten, hoewel dit slechts geringe verbeteringen in netwerkcapaciteit en snelheid mogelijk zal maken ten opzichte van 4G. Met deze initiële stap kunnen MNO's in Nederland eerst 5G-nonstandalone gaan uitrollen. De uitrol van de standalone 5G-netwerkarchitectuur en de ontwikkeling van nieuwe toepassingen daarvoor vergt

¹³ <https://www.cnet.com/news/verizon-vs-at-t-vs-t-mobile-vs-sprint-5g-we-compare-their-peak-speeds/>

¹⁴ <https://www.techradar.com/news/5g-phones-what-are-the-first-5g-phones>

¹⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2018/12/24/kabinet-verplaatsing-grondstation-burum-noodzaak-voor-optimale-5g-netwerken>

¹⁶ <https://www.nrc.nl/nieuws/2019/06/11/sneller-5g-netwerk-al-in-2022-beschikbaar-a3963238>

immers de nodige tijd. Bovendien is het aantal merken en typen 5G-toestellen voor standalone nog erg beperkt (zie Paragraaf 7.2). De nadruk ligt eerst op verbeterde mobiel breedband en de eerste IoT-diensten terwijl later, met de uitrol van de standalone architectuur, mMTC kan worden gerealiseerd waarmee hogere datavolumes gelijktijdig tussen zeer veel apparaten kan worden uitgewisseld.

T-Mobile heeft al medio februari 2019 aangekondigd in samenwerking met de gemeente Den Haag in deze stad 5G in 2020 commercieel uit te willen rollen en wel op frequenties beneden de 3,5 GHz-band¹⁷. De toepassingen zullen in samenwerking met bedrijven en instellingen worden ontwikkeld. Eerste gedachten gaan uit naar IoT-toepassingen zoals het aangeven van een vrije parkeerplaats waarbij op zich geringe sensordata snel ontsloten kan worden naar vele gebruikerstoestellen. De ambitie van T-Mobile is daarna vóór 2021 een landelijk dekkend 5G-netwerk te hebben uitgerold.

Ook KPN past gefaseerd zijn mobiele netwerk aan op 5G. Op landelijk niveau wordt op diverse sites hun 5G-testnetwerk beproefd op 700 MHz. In fieldlabs voert men testen uit met 5G in de 3,5 GHz-band. Naar verluidt gaat KPN binnenkort ook tests uitvoeren met het 26 GHz spectrum in Amsterdam¹⁸.

VodafoneZiggo heeft medio 2019 in Maastricht een 3,5 GHz 5G-verbinding opgezet als opstap naar een pilot-netwerk in Eindhoven¹⁹. Hiervan is de bedoeling om gezamenlijk met bewoners en ondernemers, waaronder startups, de perspectieven van een breed scala aan 5G-toepassingen te verkennen.

Er zijn momenteel geen aanwijzingen in hoeverre Nederlandse MNO's zich al bezighouden met de introductie van *slicing*. Het gaat hier om een toekomstige oplossing om diverse gebruikersgroepen vanuit één infrastructuur op onderling gescheiden wijze te kunnen bedienen. Rond de inzet van *slicing* liggen op diverse gebieden nog de nodige vraagstukken (zie Paragraaf 4.4). Wel doen MNO's samen met ondernemers al pilots in 5G Groningen waar met simulaties *slicing* wordt beproefd.

Gezien de hoge penetratie, c.q. dekking van 4G en de verwachte uitrol van 5G, zal een aantal Nederlandse mobiele operators hun oude 2G- en 3G-netwerken de komende jaren geleidelijk afschaffen. Verschillende operators hebben data aangekondigd waarop ze van plan zijn hun netwerken af te schakelen: KPN wil zijn 3G-netwerk in 2022 afschakelen terwijl Vodafone de afschakeling van hun 3G-netwerk heeft gepland voor 2020. T-Mobile heeft dit voornemen in 2021 en wel voor zijn 2G-netwerk²⁰.

3.5 Mobiele virtuele netwerkoperators in Nederland

Aan het einde van het eerste kwartaal van 2019 waren mobiele virtuele netwerkoperators (MVNO's) goed voor 8,2 miljoen SIM-kaarten in Nederland. Dit is bijna 40% van de totale Nederlandse markt, een stijging ten opzichte van 33% een jaar eerder²¹.

Merk op dat dit getal zowel onafhankelijke MVNO's (dit zijn virtuele operators die niet onderdeel zijn van een gevestigde mobiele netwerkoperator) als virtuele *second*

¹⁷ <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/t-mobile-belooft-heel-nederland-5g-in-2020-en-begint-in-den-haag>

¹⁸ <https://www.computable.nl/artikel/nieuws/mobility/6812772/250449/kpn-test-5g-netwerk-tussen-meerdere-locaties.html>

¹⁹ <https://tweakers.net/nieuws/154976/vodafone-zet-zijn-eerste-nederlandse-5g-verbinding-op-voor-testdoeleinden.html>

²⁰ <https://www.taxameter.nl/nl/over-tmc/nieuws/2g-en-3g-datanetwerken-houden-op-te-bestaan/>

²¹ <https://www.telecompaper.com/news/simpel-becomes-biggest-dutch-mvno-in-q1--1300196>

brands van mobiele operators omvat. Een belangrijke reden voor de toename van MVNO's werd veroorzaakt door de overname van Tele2 in januari 2019 door T-Mobile. Hierdoor werd Tele2 niet alleen een *second brand* van T-Mobile maar ook daarmee het grootste van het land met meer dan 1,3 miljoen SIM-kaarten.

De grootste van de onafhankelijke MVNO's in het eerste kwartaal van 2019 was Simpel, gevolgd door Lebara. In de afgelopen maanden is het klantenbestand van Simpel sterk gegroeid vanwege door een concurrerende prijsstelling en heeft het bijna 1 miljoen SIM-kaarten.

Volgens Telecompaper²² is de belangrijkste uitdaging voor virtuele operators het bereiken van een kritische massa in een verzadigde markt.

Een andere uitdaging is de teruggang van prepaid op de mobiele markt. Kleine spelers vinden het ook moeilijk om gebundelde diensten (dat wil zeggen vaste en mobiele diensten als geheel in één aanbod of 'bundel') aan te bieden waardoor ze mogelijk minder aantrekkelijk zijn voor consumenten.

²² <https://www.telecompaper.com/news/dutch-virtual-operators-grow-to-33-market-share-in-q1-telecompaper--1254090>

4 Mobiel breedband voor de Openbare Orde en Veiligheid

4.1 Inleiding

Effectieve informatievoorziening en onderlinge, zogenaamde missie-kritische communicatie is voor Politie, Brandweer en Ambulance en uiteraard de meldkamer (OOV-sector) essentieel in het herstel van de openbare orde of bij de organisatie en uitvoering van hulp bij incidenten en calamiteiten. Missie-kritisch wil zeggen dat het gaat om situaties en daarin de inzet van hulpdiensten, waarbij mensenlevens en/of belangrijk materieel goed in het geding zijn of waarbij de openbare orde kan worden aangetast.

De betrokkenheid en bijdrage van diverse ketenpartners (Waterschappen, energiebedrijven, et cetera) is al langer bekend maar die van burgers en bedrijven wordt als het gaat om signaleren van en informeren over (melden) van noodsituaties aan de meldkamer ook steeds belangrijker.

In Nederland houdt onder meer TNO zich bezig met de vraag hoe communicatie in en met de OOV-sector ook in de toekomst kan worden verwezenlijkt, gegeven de veranderende maatschappelijke context, operationele eisen van de diensten en snel toenemende technologische mogelijkheden, met name op het gebied van mobiele communicatie. Hoewel men in de sector nu nog gebruik maakt van het C2000-netwerk voor spraak, aangevuld met commerciële mobiele diensten voor data- en spraakcommunicatie, is de verwachting dat er op langere termijn een integrale maar op gebruikersbehoeften afgestemde oplossing komt voor missie-kritische communicatie en informatie-uitwisseling. TNO²³ heeft gekeken naar enkele verschillende aspecten die daarbij een rol spelen, zowel aan de vraag- als ook aanbodzijde. De rode draad daarbij is de behoefte aan en de beschikbaarheid van communicatiecapaciteit in netwerken.

4.2 Beeldinformatie wordt essentiële aanvulling voor hulpdiensten

Hoewel voor de hulpdiensten spraakcommunicatie 'met stip op 1' staat, zien we dat het gebruik van beeld in de vorm van foto en video (*live streaming* of opgenomen) wel sterk aan belang toeneemt omdat de technologie de mogelijkheden biedt en toevoeging van beeld belangrijke aanvullende informatie kan bieden over een situatie die zich meestal in de tijd ontwikkelt ('één beeld zegt vaak meer dan duizend woorden').

Ter illustratie is in Tabel 3 aan de hand van een incidentafhandeling voor elke kolom van het OOV-veld weergegeven wat de meerwaarde is of kan zijn van beeldinformatie.

²³ Onderzoeken in 2017 en 2018 in het kader van het multidisciplinaire TNO-kennisprogramma "Het Nieuwe Melden", i.s.m. het Ministerie van Justitie en Veiligheid en de ketenpartners.

Tabel 3: (Mogelijke) meerwaarde van beeldinformatie voor diverse OOV-diensten bij een incidentafhandeling
 Afkortingen: BT: Beleidsteam; OT: Operationeel Team; ANPR: Automatic Number Plate Recognition; EODD: Explosieven Opruimings Dienst Defensie

	Meldkamer	Politie	Brandweer	Ambulance
Incident eerste melding (Eerste beelden verkrijgen)	<ul style="list-style-type: none"> - Aanvullend op spraakinformatie. Sneller duidelijker overzicht van situatie ter plekke - Vergemakkelijk de intake/uitgifte 	<ul style="list-style-type: none"> - Snel en beter overzicht van situatie ter plekke - Communicatie wordt versneld door verspreiding beelden 	<ul style="list-style-type: none"> - Snel en beter overzicht van situatie ter plekke - Betere inschatting mogelijk door eerste voertuig 	<ul style="list-style-type: none"> - Snel overzicht van situatie ter plekke
Real-time aanvullende info vanaf incidentlocatie (Beeldveredeling)	<ul style="list-style-type: none"> - Vergemakkelijk coaching/expertise op afstand door meldkamer bij eerste hulp door burgers - Geeft andere teams (BT/OT) snel/goed inzicht in situatie - Vergemakkelijk aansturing 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergemakkelijk informatievergaring (ANPR, voertuigfoto's, data voor latere reconstructie) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergemakkelijk informatievergaring 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergemakkelijk informatievergaring
Hulpverlening op locatie incident	<ul style="list-style-type: none"> - Vergemakkelijk aansturing 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergemakkelijk coaching/expertise op afstand.(EODD, onderhandelaar, streaming bodycams) - Vastleggen van de actie t.b.v. logging en/of vergaren bewijsmateriaal 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergemakkelijk coaching/expertise op afstand - Input voor gespecialiseerde beeldbewerking (genereren gebouwplattegrond bepalen, voertuigknippen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Vergemakkelijk coaching/expertise op afstand
Informatievergaring na afloop	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluatie incident 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconstructie incident 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconstructie incident 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconstructie incident

Hierdoor kan er sneller en doelgerichter opvolging plaatsvinden en kunnen ook sommige sterk gespecialiseerde taken op afstand worden aangestuurd.

Als we kijken naar de fase "Incident Eerste Melding" dan wordt nu al door mensen die een incident melden via *social media* applicaties gebruik gemaakt van foto en video materiaal, waardoor de meldkamer meer inzicht krijgt in de situatie rond het incident. De politie kan dit vervolgens ter plaatse aanvullen met eigen camerabeeld (tweede fase in Tabel 3). In de nabije toekomst zal men dit overzicht, indien de locatie bekend is ook zelf kunnen inwinnen door de inzet van een drone met camera waarbij de real-time aansturing en het transport van beeldinformatie draadloos plaatsvindt, in principe over specifieke frequenties (zie de najaarseditie van de Monitor Draadloze Technologie 2018). In de meldkamer vindt nu nog handmatig en semi-automatisch beeldbewerking en -combinatie plaats en kunnen hulpdiensten en andere belangrijke stakeholders al gericht worden geïnformeerd. Iets verder in de toekomst zal men in de meldkamer van een video overlay netwerk gebruik kunnen maken waarmee *alle* live streams die met een incident zijn geassocieerd voor de meldkamer beschikbaar komen. Men kan dan centraal en snel informatie gaan combineren om daarmee een 3D-reconstructie uit te voeren. Hiermee kunnen tijdig diverse teams op verschillende niveaus worden geïnformeerd. Het ligt voor de hand dat dergelijke live streams mede via mobiele netwerken zullen worden vergaard.

Zo kan bij een uitlaande brand in het incidentgebied de Brandweer op locatie standaard gebruik gaan maken van *augmented reality* en fotogrammetrie-technieken waarmee de inwendige structuur van een getroffen complex object kunstmatig in beeld wordt gebracht en gedimensioneerd. Hierdoor kan men sneller, veiliger en effectiever het object betreden. Ambulances kunnen door beeldtoepassingen medisch specialisten in staat stellen om op afstand slachtoffers ter plaatse of in de

ambulance al te diagnosticeren en te adviseren over medische begeleiding tijdens transport (zie ook najaarsrapportage van de Monitor Draadloze Technologie 2017, Paragraaf 3.6.2). Daar worden nu bijvoorbeeld in 5Groningen testen mee gedaan. Deze voorbeelden illustreren alle concreet de ondersteuning door mobiel breedband van de incidentafhandeling als weergegeven in Tabel 3.

Er kondigt zich dus een reeks van nieuwe toepassingen aan waarin authentieke of gesynthetiseerde beeldinformatie centraal staat. Deze strekken zich uit over alle fasen van het hulpverleningsproces. In een grote meerderheid daarvan is draadloos transport van voldoende capaciteit en snelheid van belang. Hoewel deze toepassingen nu nog experimenteel worden ingezet, is de verwachting dat deze ontwikkeling sterk doorzet en dat diverse specifieke toepassingen op termijn deel gaan uitmaken van reguliere operationele processen in de gehele OOV-sector.

4.3 Risico van capaciteitsschaarste tijdens calamiteiten

Vanuit de optiek van communicatiecapaciteit is onderkenning van de ontwikkeling van een groeiende behoefte van de OOV-sector aan mobiele breedbandige applicaties waaronder beeldtoepassingen van belang. Nog afgezien van het hiervoor beschreven gebruik door hulpverleners is tijdens grote calamiteiten immers sowieso sprake van een sterk toenemende behoefte van burgers om te communiceren met thuis of met bekenden en daarvoor hun *smartphone* intensief te benutten. Als OOV-diensten voor hun - steeds meer door beeld verrijkte - communicatie afhankelijk worden van precies dezelfde mobiele netwerken dan kan er snel schaarste ontstaan en is de goede werking van communicatietoepassingen voor deze diensten niet zonder meer gegarandeerd. Het risico op dit knelpunt is met name aan de orde tijdens ongeplande²⁴, grotere incidenten die mobiele operators qua capaciteitsplanning niet kunnen voorzien.

De technologie in huidige en meer nog in toekomstige mobiele netwerken biedt operators instrumenten om dataverkeer van verschillende origine qua prioriteit ook verschillend te behandelen zoals *Quality-of-Service (QoS)*-differentiatie op soorten verkeer, prioritering van gebruikersgroepen (zie de voorjaarseditie van de Monitor Draadloze Technologie van dit jaar, Paragraaf 2.4) en straks ook *slicing*, waarover in Paragraaf 4.4 meer. In de praktijk wordt hier zeer voorzichtig mee omgesprongen omdat het hanteren van een voorkeursbehandeling van applicatie-specifiek telecommunicatieverkeer op gespannen voet staat met wet- en regelgeving rond netneutraliteit. Deze ziet er op toe dat in publieke netwerken door een voorkeursbehandeling de Internet toegangsdienst nimmer wordt afgeknelde. Voor bijvoorbeeld de OOV-sector zou hierop vanwege het maatschappelijke belang een uitzondering kunnen worden gemaakt in de zin van het verlenen van ontheffing. Het is dus zinvol om te kijken naar het nut van dergelijke instrumenten.

TNO heeft aldus een eerste onderzoek gedaan naar de effectiviteit van deze instrumenten aan de hand van simulaties waarin is uitgegaan van een 4G-netwerk en van de standaardmogelijkheden voor *Quality-of-Service (QoS)*-differentiatie, nog zonder rekening te houden met onlangs in de standaarden opgenomen prioriteiten voor missie-kritische diensten. De eerste resultaten laten zien dat toepassing van dergelijke methoden soelaas biedt, waarbij opgemerkt dat verlening van voorrang

²⁴ Voorbeelden van geplande incidenten zijn: evenementen, vooraf bekende (goedgekeurde) demonstraties en oefeningen van hulpverleningsdiensten. In geval van dergelijke geplande events worden indien nodig vooraf afspraken gemaakt met mobiele operators voor het tijdelijk bijplaatsen van capaciteit om congestie tegen te gaan.

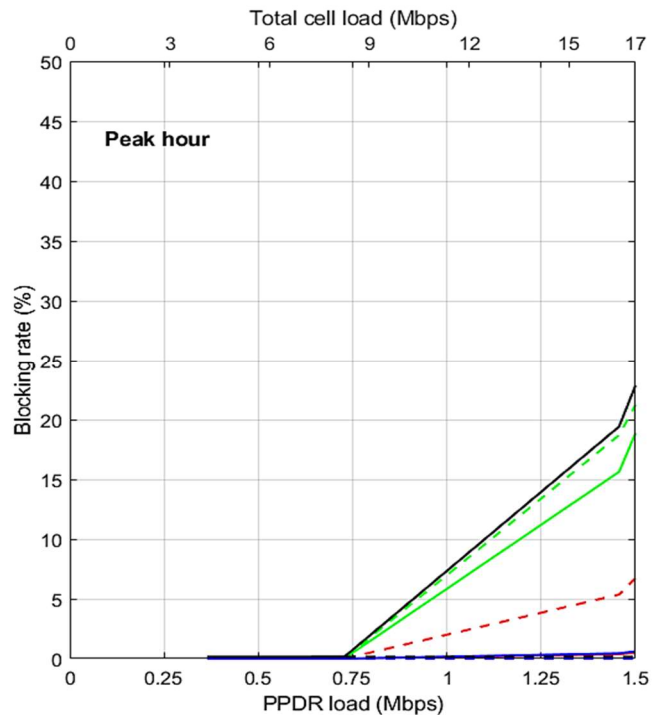
aan OOV-gebruikers impact *kan* hebben op de capaciteit die beschikbaar is voor alle overige gebruikers. De mate waarin dat optreedt is echter sterk afhankelijk van de door een operator gekozen prioriterings-strategie en de verkeersmix.

Het *Quality-of-Service* managementinstrumentarium in een mobiel netwerk is qua uitvoering redelijk complex maar laat zich het beste als volgt uitleggen. De aanvraag voor een nieuwe communicatiesessie vanuit een willekeurige mobiele telefoon naar een applicatieserver via het mobiele netwerk resulteert in de aanvraag en toekenning van een logisch kanaal, een zogenaamde *bearer*. Vanuit meerdere toepassingen kan een mobiele telefoon dus gelijktijdig meerdere bearers hebben staan. Het centrale kernnetwerk (*core network*) beslist over de toekenning van een bearer en doet dat op basis van het reeds gereserveerde capaciteitsbeslag in het netwerk (de zogenaamde *admission policy*). Daarbij maakt het veel verschil of de aangevraagde bearer die voor een telefonietoepassing is of voor Internet data. Digitaal telefonie- ofwel conversationeel verkeer is immers tijdkritisch waarbij bovendien de volgorde van de datafragmenten (datapakketten) niet mag worden veranderd terwijl Internet data *bursty* verkeer betreft waarvan afhandeling plaatsvindt op basis van *best effort*. Iedere operator hanteert daarbij eigen spelregels maar bij grote drukte kan een conversationele sessie dus geweigerd worden omdat anders geen enkele garantie kan worden gegeven dat het netwerk deze sessie met voldoende kwaliteit overleefd kan houden. Voor *bursty* dataverkeer is een capaciteitsgarantie niet aan de orde. Na toekenning van een bearer vindt vervolgens een dynamisch proces van *radio resource scheduling* plaats. Dit komt neer op een 'capaciteits-kraan' die verder open of dicht gedraaid wordt, afhankelijk van de actuele drukte in de cel. Bij toepassing van prioritering door het netwerk worden gewichten gehangen aan type verkeer en type aanvrager, c.q. mobiele toestel.

Er zijn simulaties gedaan op basis van een scenario met hulpdiensten (OOV²⁵) die arriveren in een incidentgebied waar al sprake is van een grote telecomverkeersdrukke, ten gevolge van het incident aldaar. De aannahme daarbij is dat de hulpdiensten voor hun telefonie- en *video conferencing*-toepassingen gebruik maken van een publiek mobiel netwerk waarop ook een deel van de betrokkenen en omstanders, de "menigte", is geabonneerd en dus relatief veel *background* verkeer genereert. De vraag is in hoeverre de communicatie van de hulpdiensten gehinderd kan worden door het achtergrond verkeer.

Figuur 6 toont een van de resultaten van deze simulatie in een ruraal scenario, bijvoorbeeld een groot verkeersincident op een provinciale weg in een buitengebied. Hierbij zijn OOV-gebruikers gesitueerd op de rand van de dekkingscel die qua afhandeling van communicatieverkeer tegen zijn limiet aan zit.

²⁵ De Engelse term voor OOV (Openbare Orde en Veiligheid) is Public Protection and Disaster Relief (PPDR)



Figuur 6: blokkeringskansen bij toenemende intensiteit van het OOV-verkeer voor diverse typen publiek- en OOV-verkeer wanneer aan OOV-verkeer wel of geen prioriteit wordt gegeven (respectievelijk gestippelde en doorgetrokken lijnen).

Blauw: OOV-spraak, zwart: OOV-video, rood: publiek spraak, groen: publiek video

Deze figuur laat zien wat er gebeurt met de kans op blokkering van een sessie als het OOV-verkeer in intensiteit toeneemt waarbij geen prioriteit (doorgetrokken lijnen) of juist wel prioriteit wordt gegeven aan OOV-verkeer. De rode en groene grafieken betreffen sessies van de menigte (respectievelijk spraak en video), de blauwe en zwarte sessies van OOV-gebruikers (respectievelijk wederom spraak en video). We zien dat voorbij een zeker punt qua OOV-verkeersbelasting er in een aantal gevallen sprake is van blokkering. We zien dat bij OOV de blokkeringskansen voor de spraakconversatie überhaupt vrijwel nul bedraagt. Het verschil wordt pas duidelijk voor *video conferencing*. Zonder prioriteit stijgt de blokkeringskansen voor OOV-sessies al snel met toenemende belasting. Met prioriteit is daar geen sprake meer van: de blokkeringskans is dan ook vrijwel gelijk aan nul.

Deze uitkomst is slechts een voorbeeld om te illustreren dat de toepassing van prioritering effectief kan zijn. De kwantitatieve uitkomsten hebben geen algemene geldigheid omdat aannames qua scenario en QoS-instrumentatie een belangrijk effect hebben op de getalsmatige uitkomsten.

4.4 Perspectieven van slicing

Met de komst van mobiele communicatie op basis van 5G-technologie ontstaan ook mogelijkheden om specifieke gebruikersgroepen van een eigen virtueel mobiel netwerk te voorzien. Deze technologie wordt in de industrie ook wel *slicing* genoemd en is reeds behandeld in de voorjaarsrapportage van de Monitor Draadloze Technologie van dit jaar. Zo is het denkbaar dat de OOV-sector op zeker moment niet langer een eigen fysiek netwerk onderhoudt, maar voor al haar mobiele missie-critische communicatiediensten overgaat op een virtueel mobiel netwerk. Dit vindt dan plaats op basis van expliciete afspraken met de partijen die de onderliggende infrastructuur van de *hosting operator* aanbieden. De introductie van slicing als

toekomstige oplossing resulteert in diverse vragen rond het omgaan met de piekvraag naar capaciteit, robuustheid, informatiebeveiliging, zeggenschap, en terminal support, et cetera.

Als we in lijn van het voorgaande ons even beperken tot het capaciteitsaspect dan is de belofte van slicing dat de totale capaciteitsbenutting door één gebruikersgroep binnen hun eigen virtuele netwerkdeel (*slice*) per definitie, binnen zekere reële grenzen, geen invloed heeft op die van anderen (andere *slices*) die gebruik maken van hetzelfde fysieke mobiele netwerk. Slices kunnen ook weer geprioriteerd worden door de hosting operator.

Het lastige is dat door de relatief hoge dynamiek (*peak-to-average ratio*) van OOV-telecommunicatieverkeer een reservering van slice-capaciteit vooraf, op basis van *worst case* aannames, bij de hosting operator zeer kostbaar zal zijn. De hosting operator kan het zo organiseren dat hij de OOV-slice indien noodzakelijk prioriteit geeft met extra slice capaciteit, maar moet ervoor waken dat de Service Level Agreements (SLA's) met zijn andere cliënten (overige slice gebruikers) niet worden geschaad. Daarmee zal hij dus bij de opstelling van die SLA's rekening moeten houden. Binnen een slice is overigens hetzelfde QoS-instrumentarium aanwezig als bij een fysiek netwerk maar dat instrumentarium staat dan, in geval van de OOV-slice, ten dienste van het QoS-management van het OOV-verkeer zelf.

TNO heeft in 2018 het slicing-concept nadrukkelijker bestudeerd en komt tot de conclusie dat slicing nog zodanig in de kinderschoenen staat dat heldere uitspraken over de meerwaarde van dit concept voor OOV-doeleinden nog niet goed mogelijk zijn. De verwachting is dat hands-on ervaringen opgedaan via praktische implementaties de verdere standaardisatie-inspanningen in 3GPP hieromtrent gaan bepalen. Tevens zal een actieve rol vanuit de internationale OOV-wereld nodig zijn om te borgen dat er implementaties van slicing gaan komen die (ook) voor OOV bruikbaar zijn.

5 AgriFoodTech met behulp van 5G

De AgriFoodTech-markt, in de najaarseditie van de Monitor Draadloze Technologie 2016 nog *Smart Agriculture* genoemd, bestaat grofweg uit landbouw, dierhouderij, kastuinbouw en toeleveranciers zoals zaadveredelaars, landbouwapparatuur en ICT. In Nederland zijn de sectoren graasdieren (koeien), tuinbouw (kasgroente en kasbloemen) en hokdieren (varkens en kippen) het grootst. Nederland staat bekend om zijn intensieve en innovatieve agrarische sector. Met minder landgebruik weten we in Nederland meer opbrengsten te produceren dan in het buitenland.

In de juist genoemde najaarseditie van 2016 zijn al enkele trends onder de aandacht gebracht die direct of indirect ook gevolgen hebben voor de behoefte aan draadloze connectiviteit in het AgriFoodTech domein. In deze monitor gaan we in op enkele relevante, recente (inter)nationale AgriFoodTech-ontwikkelingen en projecten die gericht zijn op de toepassing van 5G.

5.1 5Groningen²⁶

Het 5Groningen project (2017-2021) maakt van Noord-Groningen dé proeftuin voor de nieuwste generatie mobiel internet. Ondernemers en non-profitorganisaties werken samen met experts om toepassingen van 5G te testen. Deze proeftuin wordt het 5G Fieldlab genoemd. Er worden toepassingen ontwikkeld en getest op het gebied van Zorg, Energie, Verkeer & Logistiek, Leefomgeving, Educatie, Smart Industry en Landbouw. Binnen het thema Landbouw wordt gezocht naar mogelijke 5G-toepassingen in de akkerbouw en veehouderij die plaatsvindt in Noord-Groningen. Met precisielandbouw – waarbij je per vierkante meter kunt bepalen wat er gebeurt – wil men zorgen dat de boeren meer produceren, betere producten leveren en het milieu minder belasten. Met 5G kunnen de data afkomstig van sensoren en drone-opnames real-time, en daarmee sneller, worden aangeleverd aan de boer, zodat deze eerder kan ingrijpen. Enkele use cases en pilots:

- **Drone voor gewasinspectie** – In een pilot is een drone ontwikkeld die real-time supersnel gegevens kan uploaden naar het internet. De drone vliegt over akkers en maakt hierbij met 5 camera's tegelijk elke seconde een foto, en dat resulteert in duizenden foto's per vlucht. Die foto's worden vervolgens op een krachtige computer verwerkt tot een kaart waarop een boer precies kan zien hoe het er met zijn gewassen voor staat. Momenteel moet men die gegevens na afloop van de drone-vlucht via een USB-stick overzetten en verwerken, omdat het huidige 4G-netwerk niet snel genoeg is. Dit gehele proces van eerst overzetten en dan alles verwerken kan uren duren. Met het nieuwe en snelle 5G-netwerk kunnen boeren in de toekomst al binnen een uur resultaat zien omdat de verwerking van de beelden (bijvoorbeeld in de cloud of zelfs op de edge) direct kan gebeuren zodra data worden ontvangen. Zo kan de boer direct inspelen op de staat van de gewassen^{27,28}.

²⁶ <https://www.5groningen.nl/>

²⁷ <https://www.5groningen.nl/nieuws/reportage-student-ontwikkelt-supersnelle-5g-drone>

²⁸ <https://www.vodafoneziggo.nl/en/verhalen/agriculture-air/>



Figuur 7: Staatssecretaris Keijzer wordt geïnformeerd over drone ontwikkeling tijdens bezoek aan 5G Fieldlab [bron: 5Groningen]

- **Smart Potato** – Een andere manier van monitoren van een akker is met behulp van in-situ sensoren. Hierbij worden diverse nagemaaakte aardappels (denk aan enkele tot tientallen per hectare), voorzien van sensoren voor vocht, temperatuur en CO₂, et cetera tussen de echte aardappelen in de grond gepoot. In deze Internet-of-Things oplossing binnen 5G worden de data een of meerdere keren per dag verstuurd. Deze gegevens worden daarna verzameld en geanalyseerd zodat de boeren inzicht krijgen in de bodemgesteldheid in deze pilot. De eerste aardappelen zijn in 2017 de grond in gegaan²⁹ en in 2018 is er een vlog gemaakt³⁰. Daarnaast hebben er in 2019 verschillende studenten (HBO richtingen ICT, Sensor Technology en Industrieel Product Ontwerpen) opdrachten uitgevoerd³¹. Dit heeft geresulteerd in nieuwe creatieve ideeën ten aanzien van de sensor module en de behuizing. De bedoeling is dat straks de Smart Potato (met dezelfde vormfactor) samen met de echte aardappels gepoot en geroid gaan worden. Via de nauwkeurige positiebepaling die 5G gaat bieden kan straks ook de exacte locatie van de Smart Potato worden bepaald.



Figuur 8: Studenten presenteren bevindingen over Smart Potato [bron: 5Groningen]

- **Grasland management** – Men wil in deze use case grasland verder verbeteren met vergelijkbare technologie als beschreven onder 'Drone voor

²⁹ <https://www.5groningen.nl/nieuws/smart-potato-gaat-underground>

³⁰ <https://www.5groningen.nl/nieuws/vlog11-smart-farming-bij-boer-derk-deel-2>

³¹ <https://www.5groningen.nl/nieuws/studenten-bedenken-bevindingen-over-smart-potato>

gewasinspectie'. Daarbij zullen dronebeelden worden ingezet om de biomassa van het grasland te meten en de optimale bewerking te bepalen.

- **Verziltting akkerbouw** - In deze use case wil men met hulp van sensoren de verzilttingsproblematiek in Noord-Groningen aanpakken door onderzoek naar de mechanismen die hierbij een rol spelen. Data van de sensoren zullen daarbij via de IoT-technologie van 5G worden verstuurd, verzameld, geanalyseerd en omgezet in handelingsadviezen voor de landbouwer.
- **Space assisted crop monitoring** – In deze nog in ontwikkeling zijnde use case wil men, samen met ESA, precisielandbouw bedrijven met behulp van informatie uit satellietdata en veldsensoren. Hierbij worden de sensoren in het veld gebruikt om de satellietbeelden te corrigeren. Je kunt daarbij denken aan veldsensoren zoals de hierboven genoemde Smart Potato. Of aan een zogenaamde “prikstok” waarbij de boer door het land loopt en op vele tientallen plaatsen een meting verricht waarbij verzending van de data en nauwkeurige positiebepaling door 5G wordt gedaan. Op basis van de gecorrigeerde beelden kunnen dan zogenaamde taakkaarten voor de akkerbouwer worden gemaakt.
- **Sensornetwerk waterkwaliteitsmeting** - Dit betreft een pilot die wordt uitgevoerd in het thema Leefomgeving van 5Groningen maar is wel gerelateerd aan AgriFoodTech. Schoon oppervlaktewater is belangrijk voor een gezonde leefomgeving. Het is van groot belang om verstoring van de waterkwaliteit zo vroeg mogelijk te kunnen ontdekken en te voorspellen zodat adequaat kan worden ingegrepen.



Figuur 9: Links op de steiger de nieuwe en in het water de bestaande sensor [bron: Economic Board Groningen]

Deze pilot is erop gericht om de mogelijkheden te benutten van narrowband-IoT (NB-IoT): het 5G IoT-netwerk³². Dit kost de systemen zoveel minder stroom dat er veel kleinere en goedkopere meetsondes gemaakt kunnen worden. In de praktijk zijn deze sondes – uitgerust met simkaart, batterij en tal van sensoren – een centimeter of vijftien in doorsnee³³. Er wordt in deze pilot niet alleen gemeten aan het wateroppervlak maar ook op en in de bodem.

³² <https://www.vodafoneziggo.nl/verhalen/van-boeien-naar-badeendjes/>

³³ <https://vimeo.com/322559237>

5.2 5G weed robot in Valthermond

Op proefbedrijf 't Kompas in Valthermond, onderdeel van Wageningen University en Research, wordt een 5G-pilot rond precisielandbouw uitgevoerd³⁴. Eind mei 2018 heeft de 'Dág Onkruid!'-dag, georganiseerd door de agrarische sector, op deze proefboerderij plaatsgevonden. Op deze dag met als thema: 'toekomstbestendige onkruidbeheersing' werd de *weed robot* getoond³⁵.

Deze robot zorgt ervoor dat in de nabije toekomst het onkruid op een precieze wijze bestreden kan worden waardoor het gebruik van onkruidverdelgers sterk beperkt kan worden. Om dit door de robot goed uit te kunnen laten voeren wordt *Artificial Intelligence* (AI) toegepast. Beelden van de gewassen en onkruiden worden gemaakt en door algoritmes verwerkt. Daaruit ontstaat een instructieset die naar de robot teruggestuurd wordt die aan de hand daarvan vervolgens heel precies de onkruiden kan bestrijden.

Hier komt de functionaliteit van 5G om de hoek kijken: om de robot goed te kunnen laten functioneren zijn onder andere nodig:

- veel bandbreedte om hoge resolutiebeelden van de gescande gewassen, en dus veel data, te kunnen transporteren en
- snelle verwerking in de randen van het mobiele netwerk (Mobile Edge).

De robot in zijn uiteindelijke vorm heeft namelijk geen AI-rekenkracht aan boord. Hierdoor is hij goedkoper en minder kwetsbaar en kan de robot op deze manier gebruik maken van data die ook op andere akkergebieden verzameld worden om de toepassing voor een individuele boer zo effectief en efficiënt mogelijk te maken.

5.3 Koeien met 5G-halsbanden

In het Agricultural Engineering Precision Innovation Centre (Agri-EPI Centre), in het Engelse Shepton Mallet zijn zo'n 60 koeien uitgerust met halsbanden met 5G-sensoren³⁶. In een land als Engeland is dit logisch: hier zijn veel grote melkveehouderijen met zeer uitgestrekte weilanden. De koeien worden vaak verplaatst tussen verschillende weilanden voor vers en optimaal gras. Bovendien kunnen ze zelfstandig naar de boerderij waar de dieren worden gemolken, op het moment waarop ze die behoefte hebben. Door de halsbanden weet de boer waar de koeien zijn en kan ze nu monitoren zonder naar deze dieren toe te hoeven gaan. Door draadloos te communiceren met het robotsysteem helpen de 5G-halsbanden tevens bij de automatiseren van het proces van melken.

5.4 Conclusie voor AgriFoodTech

Bovengenoemde concrete pilots laten zien dat juist kenmerken van 5G (verbeterde capaciteit én snelheid ten opzichte van 4G) daarvoor zeer goed kunnen worden benut. In eerste instantie betreft dit snelle inspectie- en monitoringtoepassingen, later ook geautomatiseerde agrarische handelingen uitgevoerd door specifieke apparatuur en robots. De verwachting is dan ook dat meerdere veelbelovende AgriFoodTech-toepassingen relatief snel na de commerciële uitrol van 5G in Nederland beschikbaar zullen komen voor commercieel gebruik door individuele boerenbedrijven.

³⁴ <https://overons.kpn.nl/nieuws/2018/kpn-test-in-drenthe-5g-toepassingen-voor-precisielandbouw>

³⁵ <https://www.kpn.com/zakelijk/blog/zeg-dag-tegen-onkruid-met-de-5g-weedrobot.htm>

³⁶ <https://www.theverge.com/2019/4/12/18307939/5g-cows-cisco-test-england-farm-smart-collars-ear-tag-farming-tech>

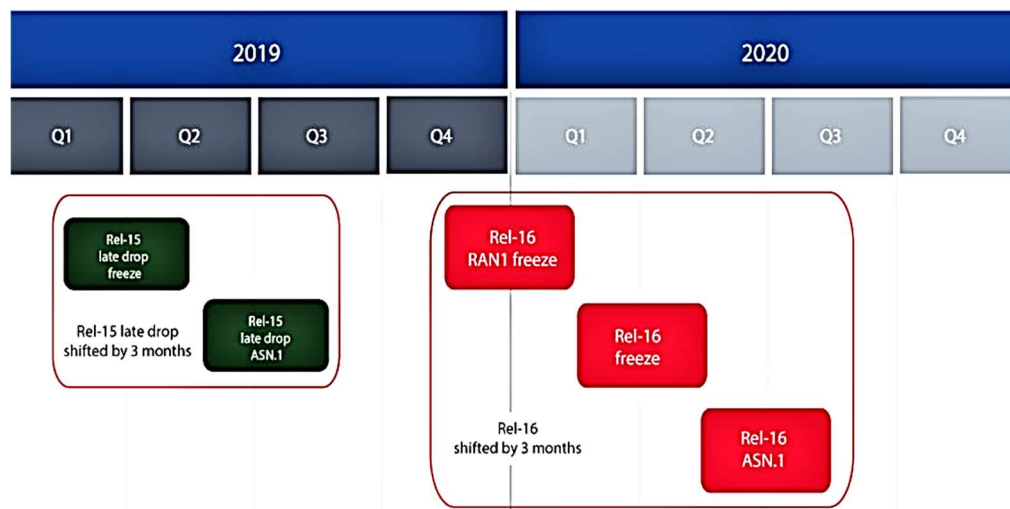
6 Status en voortgang van 5G-standaardisatie

6.1 Algemene stand van zaken en planning

In de najaarseditie van de Monitor Draadloze Technologie uit 2018 zijn twee releases van de 3GPP 5G-standaarden geïntroduceerd: Release 15 en Release 16³⁷.

De roadmap voor deze 5G-standaardreleases is gegeven in Figuur 10. De volledige Release 15 met daarin de globale beschrijving van alle eigenschappen was al bevroren in maart 2019, drie maanden later dan het oorspronkelijke plan. De detailbeschrijving van de eigenschappen van deze release (ASN.1) werd vervolgens afgerond in juni 2019. De zogenaamde *non-standalone* (NSA, zie ook Paragraaf 7.2.1) versie van Release 15 stuurt momenteel commerciële implementaties van het 5G-netwerk wereldwijd aan³⁸ dus ook die in Nederland. NSA in Release 15 richt zich op het aanbieden van applicaties met hoge datasnelheid. De commerciële uitrol van de gedefinieerde *standalone* (SA, zie ook Paragraaf 7.2.1) in Release 15 zal in de loop van 2020-2021 volgen. Hierbij is de verbeterde ondersteuning van IoT *verticals* en de daarvoor benodigde snelheid van de diensten een belangrijke driver.

Volgens de huidige planning zal Release 16 worden bevroren in maart 2020. Ook dit is drie maanden later dan oorspronkelijk gepland. Release 16 richt zich op verdere verbetering van functies voor *verticals* en daarnaast op algemene systeemverbeteringen³⁹. De detailbeschrijving van de eigenschappen van Release 16 (ASN.1) wordt medio 2020 verwacht.



Figuur 10: 3GPP roadmap voor de standaardreleases 15 en 16⁴⁰

Voor wat betreft de verticals zijn de aandachtspunten in Release 16:

- Automotive (5G-gebaseerde V2X). Deze bouwt voort op LTE-V2X met extra functies op het gebied van communicatie met lage vertraging;

³⁷ <https://www.tno.nl/nl/aandachtsgebieden/informatie-communicatie-technologie/roadmaps/fast-open-infrastructures/networks/monitor-draadloze-technologie/>

³⁸ <https://www.qualcomm.com/news/onq/2019/08/20/5-facts-about-next-phase-5g-commercialization>

³⁹ <https://www.3gpp.org/release-16>

⁴⁰ <https://techblog.comsoc.org/2019/10/06/3gpp-release-16-update-5g-phase-2-including-urllc-to-be-completed-in-june-2020/>

- Industriële IoT voor met name voor fabrieksautomatisering. Hier kan 5G het bekabelde Ethernet-netwerk dat nu in fabrieken wordt gebruikt, vervangen;
- 5G in licentievrije frequentiebanden. Dit biedt uitkomst wanneer gelicentieerd spectrum te kostbaar wordt of sowieso geen optie is.

Bij algemene systeemverbeteringen moet gedacht worden aan bijvoorbeeld 5G-positionering, uitbreiding en verbetering van MIMO en aan het verlagen van het stroomverbruik van apparatuur.

Meer verbeteringen en uitbreidingen van het 5G-systeem volgen in Release 17⁴¹. Het uitbrengen van de bijbehorende standaarden staat gepland in 2021. De SA1 groep⁴² binnen 3GPP heeft al gewerkt aan diensten en applicaties voor Release 17. De inhoud van Release 17 zal naar verwachting worden bepaald in december 2019. Het belangrijkste specificatiewerk van deze release zal begin 2020 van start gaan.

6.2 5G-initiatieven in relatie tot smart industry

Zoals hierboven vermeld, is ondersteuning van Industriële IoT een focus van 5G Release 16. Hier moet gedacht worden aan de realisatie van URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communications) in standalone modus, van Time-Sensitive Networking (TSN) en van het prioriteren van verkeer bij een samengestelde binnen een device. Smart Industry (ook Industry 4.0 genoemd) is reeds behandeld in de najaarseditie van de Monitor Draadloze Technologie uit 2017.

In Europa heeft 5G PPP “5G voor het industriële productieproces” geïdentificeerd als een belangrijke verticale sector voor 5G⁴³. Diverse 5G-projecten zijn gestart om de haalbaarheid van het gebruik van 5G in productieprocessen ofwel voor de fabrieken van de toekomst (FoF: *Factories of the Future*) te bestuderen en te testen. De FoF PPP van Europa heeft ook het potentiële belang van 5G voor FoF's erkend, getuige de speciale presentatiesessie *5G and manufacturing* op de *Factories of the Future Community Days* in mei 2019⁴⁴. In het kader van *smart industry* is een relevante globale ontwikkeling dat de industriële fora onder de vlag van 5G Alliance for Connected Industries and Automation (5G-ACIA)⁴⁵ partijen bundelt uit zowel de sectoren Operationele Technologie (OT) als ICT zodat specifieke belangen van het industriële domein worden meegewogen in 5G-standaardisatie en regelgeving.

Ook in Nederland is *smart industry* geïdentificeerd als bron voor belangrijke 5G use cases voor verschillende partijen, waaronder het nationale Smart Industry-programma⁴⁶, de Smart Industry Hub van Zuid-Holland (SMITZH)⁴⁷ en 5Groningen⁴⁸. Het fieldlab SAMEN⁴⁹ wil de acceptatie van Industry 4.0 door de ‘maakindustrie’ bevorderen, waar draadloze communicatie via 5G een belangrijke rol zou kunnen spelen. Tenslotte hebben diverse partijen waaronder KPN en Shell de mogelijke toepassing van 5G-communicatietechnologie getest in een industriële omgeving in de haven van Rotterdam⁵⁰.

⁴¹ <https://www.3gpp.org/release-17>

⁴² <https://www.3gpp.org/specifications-groups/sa-plenary/sa1-services>

⁴³ <https://www.global5g.org/verticals/5g-manufacturing>

⁴⁴ <https://www.effra.eu/events/22-23-may-factories-future-community-days>

⁴⁵ <https://www.5g-acia.org/>

⁴⁶ <https://smartindustry.nl/fieldlabs/24-5groningen/>

⁴⁷ <https://www.smitzh.nl/>

⁴⁸ <https://www.5groningen.nl/themas-en-pilots>

⁴⁹ <https://www.worldclassmaintenance.com/start-fieldlab-samen-met-opzuid-subsidietoekenning/>

⁵⁰ <https://overons.kpn.nl/nieuws/2018/kpn-shell-en-partners-testen-industriële-5g-toepassingen-in-rotterdamse-haven>

7 Mobiele eindapparatuur: recente ontwikkelingen

In het laatste decennium heeft de inmiddels ruim ingeburgerde mobiele gebruikersapparatuur voor consumenten zich steeds verder ontwikkeld. Het gaat daarbij om tablets en smartphones ofwel mobiele telefoons- vaak kortweg aangeduid als telefoons.

In deze ontwikkeling is een aantal algemene trends zichtbaar. Duidelijk waren en zijn mobiele devices onderhevig aan vormgevingsnuances en individuele aanpasbaarheid (*personalization*). Daarnaast is mobiele eindapparatuur over het algemeen qua rekencapaciteit en lokale opslag krachtiger geworden. Via tal van apps en (social) platforms die in de loop der tijd zijn ontworpen en verbeterd, is deze apparatuur geschikt geworden voor communicatie met de modernste generatie operationele cellulaire systemen (4G).

Ook zijn mobiele devices uitgebreid met nieuwe beveiligingsfeatures. Dit betreft naast informatiebeveiliging de mogelijkheid om de toegang tot het device op meerdere manieren te beveiligen dan via een in te toetsen code. Inmiddels kan dit ook via (een combinatie van) biometrische gegevens zoals irisscan, vingerafdruk, gezichts- of spraakherkenning die snelheid, eenvoud en gemak van toegang tot het mobiele apparaat bieden (al is het de vraag of hierdoor ook de betrouwbaarheid van de toegangsbeveiliging in alle situaties is verbeterd).

Met deze tendensen in gedachten lijkt het zinvol om te peilen wat recente ontwikkelingen rond mobiele gebruikersapparatuur zijn, met name gezien de komst van 5G. Het Mobile World Congress (MWC) in Barcelona biedt hiertoe een goed uitgangspunt: het MWC is immers een van de belangrijkste beurzen voor fabrikanten van commerciële mobiele apparatuur. Grote, maar ook kleinere partijen uit de telecombranche komen bijeen om hun nieuwste producten en vindingen te demonsteren, die vaak tijdens dit congres voor het eerst aan het publiek getoond worden. Dit evenement is daarom een geschikte mogelijkheid om een inkijkje te krijgen in de ontwikkelingen op telecomgebied die zich op zowel de korte als langere termijn zullen voltrekken.

Tijdens het MWC 2019 was het thema: *5G is here*. Dit suggereerde dat fabrikanten beweren nu echt klaar te zijn voor de uitrol van 5G-apparatuur en dat een verscheidenheid aan 5G-producten nog dit jaar beschikbaar zal zijn. Daarnaast was MWC 2019 toch ook vooral de beurs waar de smartphone met buigbaar scherm zijn intrede deed. Uitgevouwen kun je een dergelijke smartphone zien als een tablet, terwijl deze dichtgeklapt vaak op een conventionele smartphone lijkt. We zullen dan ook consequent spreken van 'smartphones met een buigbaar (en daardoor vouwbaar) scherm'. Overigens is een laptop met een vouwbaar scherm niet eerder dan 2021 op de markt te verwachten⁵¹.

Tenslotte maken oprolbare displays ook sinds enige jaren een moeizame ontwikkeling door en gaat zeker voor smartphones de aandacht voorlopig uit naar de realisatie van een robuust buigbaar, c.q. vouwbaar scherm.

7.1 De komst van telefoons met buigbare schermen

Zowel Samsung als Huawei toonden tijdens het MWC 2019 hun eigen implementatie van een smartphone met een buigbaar scherm. In lijn met de eerdere opmerking over

⁵¹ <http://nieuw.space/post?id=5886705>

de 'appearance' van dit type smartphone is het voordeel van een dergelijke oplossing volgens beide fabrikanten dat men de functionaliteit van een tablet en die van een smartphone in één enkel apparaat heeft kunnen combineren. Daarbij blijven nog wel de basale implicaties van het onderlinge verschil in omvang, maar de gebruiker kan dus nu zelf kiezen tussen de compactheid van een smartphone en het gebruiksgemak van een tablet.

De buigbare schermen van de telefoons van Huawei en Samsung verschillen van elkaar omdat Samsung heeft gekozen om het scherm naar binnen te laten invouwen, terwijl Huawei het scherm aan de buitenkant van het scharnier heeft gemonteerd. Dit is duidelijk te zien in Figuur 11, waarbij bovendien op te merken is dat het apparaat van Samsung, naast het uitvouwbare hoofdscherm, is uitgerust met een los tweede scherm dat gebruikt kan worden als de telefoon is ingeklapt.



Figuur 11: De Samsung Galaxy Fold (links) [bron: CNN.com] en de Huawei Mate X (rechts) [bron: huawei.com]

De techniek van buigbare schermen blijkt echter kwetsbaar te zijn. Al snel na het overhandigen van Samsung Galaxy Fold testtoestellen aan journalisten bleek dat het scherm defect kon raken rond het scharnierpunt⁵². Samsung heeft in september 2019 een verbeterde versie uitgebracht die minder kwetsbaar zou moeten zijn⁵³. De Huawei Mate X zou later dit jaar op de markt verschijnen⁵⁴.

7.2 De eerste 5G smartphones

Dit jaar zijn verschillende 5G-apparaten gepresenteerd en op de markt verschenen (zie Paragraaf 3.3), die vaak gebruik maken van een kleine selectie aan 5G chipsets/modems. Bovendien ondersteunen ze vaak niet de 'standalone'-variant van 5G-netwerken, maar slechts een beperktere 'non-standalone'-variant. Ook kan 5G-apparatuur vooralsnog maar met een gelimiteerd aantal frequenties binnen de mmWave frequentiebanden overweg.

7.2.1 Non-Standalone en Standalone 5G smartphones

Bij de standaardisatie van 5G zijn grofweg twee initiële architecturen gedefinieerd.

Zo is er een zogenaamde *non-standalone* modus waarbij gebruik gemaakt wordt van het bestaande LTE-netwerk om een verbinding met een telefoon op te zetten. Hierbij wordt met enkele kleine aanpassingen het bestaande LTE kernnetwerk (EPC:

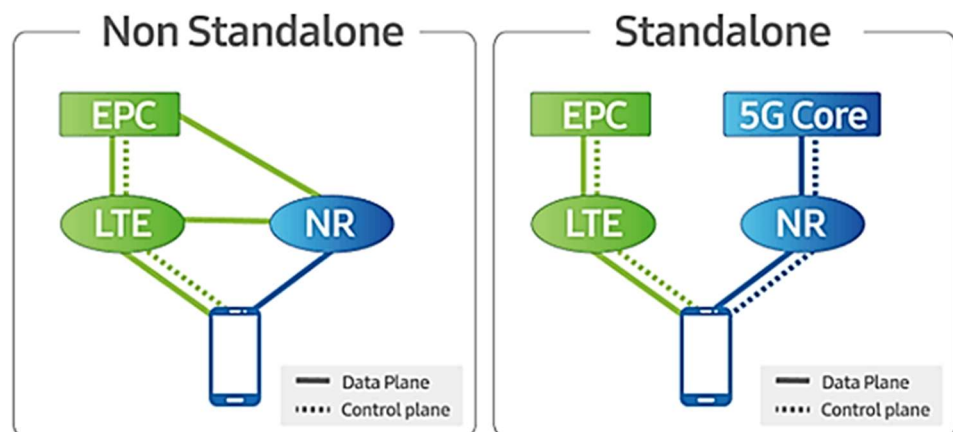
⁵² <https://www.techzine.nl/nieuws/421828/samsung-galaxy-fold-schermen-na-twee-dagen-kapot-bij-reviewers.html>

⁵³ <https://www.businessinsider.nl/samsungs-galaxy-fold-nederland-niet/>

⁵⁴ https://www.gsmarena.com/huawei_support_says_the_mate_x_will_launch_in_october-news-39344.php

Evolved Packet Core) hergebruikt en wordt het bestaande signaleringsdeel (*control plane*) van LTE gebruikt om een verbinding op te zetten. Vervolgens kan, indien zowel het basisstation (de LTE-mast) als de telefoon dit ondersteunt, gebruik worden gemaakt van de verbeterde 5G-radio om data van en naar de gebruiker te transporteren (*data plane*). Dit is schematisch weergegeven links in Figuur 12. Dit heeft als voordeel dat de huidige, bestaande LTE-infrastructuur tot aan de radio-link kan worden hergebruikt bij 5G-toepassingen. Eindgebruikers hebben hierdoor de voordelen van de nieuwe 5G *new radio* (NR) optimalisaties die vooral een hogere downloadsnelheid ervaren terwijl operators tijd kunnen winnen voor het opzetten van een volwaardig 5G *core network*.

Een *standalone* architectuur staat toe om alle nieuwe 5G features te gebruiken omdat de 5G NR nu wel wordt ingezet in combinatie met het nieuwe 5G *core network*. Gebruikers zullen in dit geval merken dat in vergelijking met de non-standalone architectuur de uploadsnelheid aanzienlijk verbetert, de *latency* lager wordt en dat de downloadsnelheid verder toeneemt door het gebruik van nieuwe technieken in het 5G *core network*. Daarnaast wordt het mogelijk om *slicing* te gebruiken, waardoor netwerkcapaciteit voor specifieke toepassingen kan worden gereserveerd, zie de voorjaarseditie van de Monitor Draadloze Technologie van dit jaar. Bij het gebruik van een standalone architectuur lopen zowel het transport van data als het signaleringsverkeer (dus zowel het *data plane* als het *control plane*) via de 5G NR en is een LTE-netwerk niet meer strikt noodzakelijk. Dit is weergegeven in het rechterdeel van Figuur 12.



Figuur 12: Non-Standalone (links) en Standalone 5G mode (rechts) [bron: everythingRF.com]

De meeste 5G-apparatuur die nu aangekondigd en beschikbaar is, ondersteunt alleen de non-standalone variant. Telefoons die ook functioneren in een standalone-modus zijn nu nog moeilijker te vinden, zoals in de volgende paragraaf zal worden aangegeven.

7.2.2 Aangekondigde 5G modems/chipsets

De functionaliteit van 5G-apparatuur wordt grotendeels bepaald door de functies die beschikbaar worden gesteld in modems en chipsets. Fabrikanten die hun product willen voorzien van 5G-connectiviteit kunnen een dergelijk modem of chipset in hun ontwerp integreren om een aanzienlijke verlaging van ontwikkelingskosten te realiseren.

Qualcomm is met hun Snapdragon X50 en X55 modems een partij met een groot marktaandeel⁵⁵. Zoals te zien in Tabel 4 gebruiken twaalf van de veertien 5G smartphones die op korte termijn beschikbaar zullen zijn het X50 modem. De X50 werkt alleen in non-standalone netwerken en ondersteunt alleen de 28 GHz en 39 GHz mmWave frequentiebanden. Een andere beperking is dat de X50 alleen overweg kan met scheiding van up- en downstream verkeer in de tijd (door TDD: Time Division Duplex) in de sub-6GHz banden. De nieuwe X55-serie zou deze beperkingen moeten wegnemen door alle mmWave frequenties, standalone mode en FDD (Frequency Division Duplex: scheiding van up- en downstream verkeer in frequentie) te ondersteunen in de sub-6GHz frequenties. Telefoons die gebruik maken van de X55 modemchip zijn in Nederland op het moment van schrijven nog niet verkrijgbaar.

Uit Tabel 4 kan ook worden afgeleid dat Huawei voor hun telefoons als een van de weinige geen gebruik maakt van Qualcomm-producten. De Huawei Mate X en Huawei Mate 20 X 5G zijn voorzien van een Balong 5000 5G-modem van dochteronderneming Hisilicon. Dit modem ondersteunt in tegenstelling tot de X50 wel standalone 5G-netwerken en heeft verder vergelijkbare functionaliteit als de X55 van Qualcomm. Het grote verschil met de X55 is echter dat de Balong 5000 5G nu al te vinden is in Huawei smartphones, terwijl de X55 (nog) niet op korte termijn beschikbaar is. De Huawei Mate 20 X 5G is sinds kort verkrijgbaar in Nederland waarmee aangegeven wordt dat standalone 5G telefoons in snel tempo beschikbaar komen, ook in Nederland.

Tabel 4: De veertien 5G smartphones die op korte termijn leverbaar zullen zijn, met vermelding van het toegepaste 5G modem⁵⁶

Telefoon	Qualcomm X50 (Non-standalone 5G)	Hisilicon Balong 5000 5G (Standalone 5G)
Samsung Galaxy S10 5G	✓	
Samsung Galaxy Note 10 Plus 5G	✓	
OnePlus 7 Pro 5G	✓	
Motorola Moto Z3	✓	
Motorola Moto Z4	✓	
Huawei Mate X		✓
Huawei Mate 20 X 5G		✓
LG V50 ThinQ	✓	
Xiaomi Mi Mix 3 5G	✓	
Oppo Reno 5G	✓	
Samsung Galaxy A90	✓	
ZTE Axon 10 Pro 5G	✓	
Xiaomi Mi Mix 4	✓	
Xiaomi Mi 9 Pro	✓	

Naast Qualcomm en Hisilicon zijn er nog verschillende andere spelers actief. Zo heeft MediaTek de Helio M70 voor standalone 5G aangekondigd. Deze is specifiek bedoeld voor goedkopere 5G-apparatuur, dat wil zeggen met een goedkoper modem. Daarnaast zijn Intel en Samsung actief met de ontwikkeling van hun eigen 5G modems en chipsets voor de standalone 5G mode.

⁵⁵ <https://www.forbes.com/sites/patrickmoorhead/2019/06/12/who-is-really-leading-in-mobile-5g-part-2-5g-mobile-chipsets/#6285b73344d4>

⁵⁶ <https://www.techradar.com/news/5g-phones-what-are-the-first-5g-phones>

8 Tot besluit

Voor eventuele vragen of opmerkingen naar aanleiding van deze Monitor Draadloze Technologie kunt u contact opnemen met TNO, via 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.