

Apeldoorn **5G** Regio

4G verbindt mensen, 5G verbindt de maatschappij

*Onderzoek naar de kansen die 5G biedt voor
economisch belangrijke sectoren in de regio Apeldoorn.*

In opdracht van:  **Apeldoorn**

Mede mogelijk gemaakt door: Economische Alliantie Apeldoorn

Datum : 3 April 2019
Auteur : Marcel Veening, Stichting CoE-STI
Versie : 1.1

Distributie

Persoon	Rol	v0.1	v0.3	v0.6	v0.7	v1.1	
RdG	Programma manager gemeente Apeldoorn	X		X	X	X	
MJV	Directeur Centre of Excellence	X	X	X	X	X	
RMU	Directeur Centre of Excellence		X	X	X	X	
	Interne verspreiding				X	X	
	Brede verspreiding					X	

Versiebeheer

Versie	Datum	Omschrijving	Opmerking
v0.1	November 2018	Draft	Contouren
v0.2	November 2018	Draft	Geografische positionering
v0.3	December 2018	Draft	Verzameling van alle relevante uittreksels
v0.4	Januari 2018	Draft	Concretisering en indikking naar essentie
v0.5	Februari 2019	Draft	Uitwerking op uitvoeringskalender
v0.6	Februari 2019	Concept	Aanpassingen nav eerste brede besprekingen
v0.7	Maart 2019	Concept	Inhoudelijke bespreking gemeente/Economische Alliantie
v1.0	April 2019	Pre-definitief	
v1.1	Mei 2019	Definitief	Actualisatie



Stichting Centre of Excellence voor Sociale en Technologische Innovatie is een onafhankelijk innovatieplatform. Zij werkt vanuit de overtuiging dat de vraag oneindig is en nieuwe manieren van samenwerking noodzakelijk zijn om de innovatie-behoefte te beantwoorden. Om cross-over en multidisciplinaire vraagstukken op te pakken die bijdragen aan duurzaam rendement en resultaat, op zowel sociaal maatschappelijk als economisch gebied. Het CoE platform wordt gevormd door een netwerk van (kennis)instellingen en organisaties die worden gedreven door de impact van technologische innovatie en de ontdekkingsreis naar nieuwe vormen waarde creatie, duurzame ontwikkeling en co-creatie gezamenlijk willen (mee)maken.

www.coe-sti.eu

Inhoudsopgave

1	Verantwoording	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Vraagstelling	5
1.3	Uitvoering	5
2	5G in context	6
2.1	Van 1G naar 5G	6
2.2	5G meer dan een standaard	6
2.3	Geografisch Perspectief	7
3	5G in praktijk	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Afbakening	10
3.3	Technologie en infrastructuur	10
3.4	Scenario's en sectoren	15
4	Economisch speelveld	19
4.1	Focus op toepasbaarheid	19
4.2	Cross-sectorale ontwikkeling	19
4.3	Faciliteren en stimuleren	20
4.4	Regionale samenwerking	20
4.5	Apeldoorn, de ondernemende stad!	20
5	Maatschappelijke discussies	22
5.1	Sociale en economische impact	22
5.2	Investeringsklimaat	22
5.3	Gezondheid	23
6	Toekomstperspectief	25
6.1	Ambitie	25
6.2	Scenario's	25
6.3	Routekaart 2019-2021	26
6.4	Conclusies en aanbevelingen	27
	BIJLAGE A: Stedelijk 5G uitrol scenario's	28
	BIJLAGE B: Roadmap 2019-2021	29
	BIJLAGE C: Apeldoorn in de Regio	30
	BIJLAGE D: Overzicht van bekende en grote werkgevers in Apeldoorn	31
	BIJLAGE E: FREQUENTIESPECTRUM	32
	BIJLAGE F: Capaciteit en de 3,5GHz band	33

Management Summary

Technologie krijgt de laatste decennia een toenemende invloed op mens en samenleving. Als samenleving bevinden we ons in een ongekende transformatie, waar technologie een belangrijke drijfveer in is.

Een gepersonaliseerde wereld (the Internet of Me), intelligente hardware slaat een brug tussen de fysieke en digitale wereld, platformen en ecosystemen die baanbrekende innovatie stimuleren, nieuwe businessmodellen en een veranderende relatie tussen mens en (slimme) machines. Het is een verwarrende tijd maar tegelijk ook veelbelovend. 5G speelt hierin de komende jaren naar verwachting een revolutionaire rol.

5e generatie mobiele communicatie, afgekort 5G, is naast een (veel) snellere opvolger van 4G een technologie een katalysator voor innovatie en transformatie van industrie, economie en maatschappij. Wereldwijd. 5G komt er onherroepelijk aan, maar deze technologische drager van innovatie en vernieuwing is tegelijk nog stevig in ontwikkeling.

Dit rapport is het resultaat van een praktijkonderzoek dat is uitgevoerd in opdracht van de gemeente Apeldoorn. Het onderzoek richt zich op de kansen 5G biedt in de economisch belangrijke sectoren. Apeldoorn (regio) herbergt sectoren die zowel een bijdrage kunnen leveren aan de technologische innovatie als sectoren waar hiervan de vruchten kunnen worden geplukt. Hoe zit dit landschap er uit en op welke manier kan Apeldoorn zich met 5G landelijk onderscheiden en haar economische agenda invulling geven.

De historische en geografische ontwikkelingen rond 5G worden kort toegelicht. Er wordt ingegaan op een drietal technologische onderwerpen die voor 5G belangrijk zijn. Deze technologieën zijn nog in ontwikkeling en bepalen grotendeels de tijdlijnen waarin 5G gefaseerd beschikbaar komt en waarom gebruiksscenario's van 5G in verschillende sectoren er anders uit zien (zowel qua planning als qua toepassing). Smart Cities, gezondheidszorg, media entertainment, smart homes, autonome voertuigen, smart grids of industriële automatisering en smart industries: allemaal worden ze geraakt door 5G, maar niet allemaal op dezelfde manier.

De mogelijkheden voor cross sectorale ontwikkeling worden benoemd. Met een sterke aanwezigheid van de sectoren Zorg & Welzijn, Technologie & IT, Maakindustrie en Vrije Tijd, ligt er een goed potentieel voor innovatie en nieuwe vormen van samenwerking. Met de uitrol van een netwerk met 5G functionaliteit binnen de Apeldoornse gemeentegrens, wordt dit potentieel concreet aangesproken. Dat leidt tot een roadmap om (regionaal) deze samenwerking concreet vorm te geven en in de aanloop naar 2022 met zichtbare en concrete initiatieven het innovatieve karakter van Apeldoorn en de regio te tonen.

In dat proces van innovatie en samenwerking, is het belangrijk om ook de maatschappelijk relevante discussies te adresseren. Investeringsen zullen nodig zijn, waarbij de balans tussen economische en maatschappelijke waarde goed met worden bewaakt. Digitalisering zal voor iedereen naar evenredigheid de voordelen moeten brengen die hierin worden gerealiseerd. Met voldoende oog voor vragen die leven bij diverse doelgroepen. In het bijzonder wordt hier aandacht gevraagd voor impact op leefomgeving en gezondheid.

Apeldoorn heeft de potentie om niet alleen bij de voorlopers te staan die 5G inzetten voor innovatie, maar met name ook op het toepasbaar maken in concrete sectoren. 5G komt eraan. Apeldoorn loopt vooraan.

1 Verantwoording

1.1 Aanleiding

In de eerste maanden van 2018 is door de gemeente de vraag gesteld wat 5G zou betekenen voor de stad en de regio en of dit een ontwikkeling is waar de stad op zo moeten aansluiten. Het beeld dat 5G niet veel meer is dan een nog sneller internet roept terecht de vraag op waar de toegevoegde waarde van deze technologie kan worden gevonden.

5G heeft echter een zeer divers karakter, verbind verschillende bestaande en nieuwe technologieën met elkaar en zal naar verwachting een impact krijgen op de maatschappij van morgen die kan worden vergeleken met de industriële revolutie. Dat Apeldoorn huisvesting biedt aan sectoren die zowel op technologisch vlak op deze potentiële innovatieruimte in kunnen spelen, maar ook sectoren die met op 5G gebaseerde toepassingen hun doelstelling toekomstgericht kunnen inrichten is een gegeven.

Wat 5G precies gaat brengen is op dit moment nog lang niet volledig in beeld. Daarvoor is onderzoek, experimenteren, fouten maken en kansen benutten noodzakelijk. In samenwerking zoeken naar economische en maatschappelijk mogelijkheden en voordelen. Dit onderzoek moet hier de eerste inzichten in geven, zodat deze samenwerking kan worden vormgegeven.

1.2 Vraagstelling

Om vast te stellen op welke wijze 5G een bijdrage kan leveren aan het stimuleren van bedrijven en ondernemers, wordt een onderzoek ingericht om inzicht te krijgen in:

- De kansen die 5G biedt voor economisch belangrijke sectoren in de regio Apeldoorn;
- Het landschap van bedrijven en organisaties in de regio Apeldoorn met potentiële mogelijkheden voor ontwikkeling of gebruik van 5G;
- De verhouding deze potentiële ontwikkelingen rond 5G tot initiatieven als Cleantech, circulariteit en duurzaamheid;
- Hoe ziet een mogelijke roadmap naar positionering van Apeldoorn als 5G stad eruit.

Het in kaart brengen van de mogelijkheden van 5G en de wijze waarop deze kan worden ingebed in de economische agenda is de primaire vraagstelling van het onderzoek.

1.3 Uitvoering

1.3.1 Opbrengst van het onderzoek

Dit rapport van bevindingen beschrijft op welke wijze 5G bij draagt aan de economische agenda van de Gemeente Apeldoorn en het stimuleren van ondernemingen en initiatieven die passen binnen haar beleid. Anderzijds het organiseren van de eerste activiteiten die de betrokkenheid en bereidheid binnen het ondernemerswerkveld op het thema versterken en onderbouwen.

1.3.2 Kaderstelling

Rond 5G vinden de komende jaren op Europees en Nationaal niveau nog diverse discussies, besluitvorming en kaderstelling plaats. Daarnaast is het een nieuwe technologie die, zoals iedere nieuwe technologie, ook de nodige maatschappelijke discussies oproept. Binnen de context van de opdracht zijn identificatie van en aandacht voor deze diversiteit aan stakeholders essentieel.

1.3.3 Opmerking

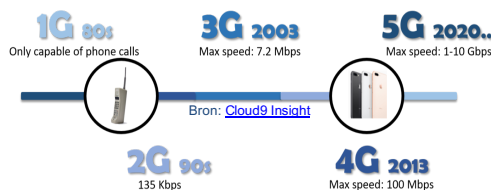
5G is een technologie die als drager fungeert voor economisch, maatschappelijke en technologische innovatie. Waar 4G vooral gericht is op mobiele communicatie, gaat 5G duidelijk een stap verder doordat bestaande en nieuwe technologieën convergeren naar een breder toepassingsgebied. Om deze mogelijkheden te duiden, wordt in dit document eveneens aandacht besteedt aan de belangrijkste kenmerken van deze technologische ontwikkeling.

2 5G in context

2.1 Van 1G naar 5G

5G staat voor de vijfde generatie mobiele, draadloze communicatie. De eerste generatie (1G, jaren '80) was gebaseerd op analoge technologie die voornamelijk is ingezet voor spraak communicatie.

Bij de tweede generatie (2G, jaren '90) was spraak communicatie het leidende toepassingsgebied, maar hier wordt voor het eerst gebruikt gemaakt van digitale standaarden. De standaarden voor GSM en CDMA komen voort uit 2G ontwikkeling en worden op dit moment nog steeds gebruikt.



Met de komst van de derde generatie (3G, vanaf 2000) worden dataservices onderdeel van de mogelijkheden, waardoor SMS, multimedia en in beperkte vorm internet toegankelijk wordt vanuit draadloze toepassingen. Pas door de ontwikkeling naar de vierde generatie (4G, sinds 2010) worden de volledige mogelijkheden van het Internet Protocol (IP) ontsloten.



De standaarden en specificaties van de verschillende generaties en evoluties daarvan in de aanloop naar de vijfde generatie (5G) omvatten onder meer GSM, GPRS, EDGE (2G), UMTS, HSPA, HSPA+ (3G), LTE (4G), LTE Advanced (4G+). De belangrijkste specificatie van 4G is LTE, die specifiek voor mobiele breedbandtoepassingen is ontwikkeld en waar verschillende vernieuwingen op zijn doorgevoerd.

Waar de focus van 4G met name ligt op de mobiele breedband communicatie, blijkt dat bestaande infrastructuur en netwerken op termijn tegen de grenzen van hun mogelijkheden aanlopen. De toenemende behoefte aan bandbreedte loopt tegen de grenzen van 4G een incrementele uitbreiding van de LTE-specificatie geen passend antwoord biedt.

De belofte van 5G ligt in het verbreden van deze mogelijkheden en het bieden van een ontwikkeling waar op langere termijn het aanbod van producten en diensten met een bredere maatschappelijke toepassing mogelijk wordt.

[Ref : 5g empowering vertical industries, 2016]

[Ref : NTT DOCOMO 5G Whitepaper, 2014]

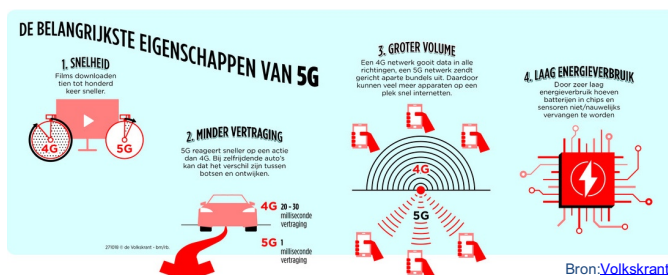
2.2 5G meer dan een standaard

5G moet de toenemende vraag om bandbreedte kunnen beantwoorden, maar gaat tegelijk verder dan breedband communicatie alleen. Het vormt een ecosysteem, waarin aspecten van bestaande infrastructuren en legacy omgevingen geïntegreerd gaan worden. 5G biedt hiermee een veel bredere horizon in de ontwikkeling van nieuwe toepassingen die maatschappelijk en economisch een bijdrage leveren. Hiermee wordt een ecosysteem opgezet, met unieke kansen voor sociale, technologische en bedrijfsmatige innovatie.

De bredere horizon in toepassingsmogelijkheden van 5G komt mede voort uit de mogelijkheden om bestaande netwerken en apparatuur te integreren. De convergentie van 5G met LTE, WiFi, vaste en satellietverbindingen, apparaten en toepassingen biedt een landschap waar meer wordt geboden dan hogere snelheid op bekende toepassingen van vandaag. Een nieuw spectrum aan mogelijkheden gaat open, waarmee hoge flexibiliteit wordt gecombineerd met een de mogelijkheid voor nieuwe businessmodellen en duurzame ontwikkeling. 5G is meer dan een evolutie alleen en biedt met een nieuw netwerk met unieke eigenschappen de mogelijkheid voor de ontwikkeling van diensten en producten die aansluiten op de (bekende en onbekende) vraag van morgen.

5G combineert onder meer hogere datacapaciteit, lagere energieconsumptie en kortere wachttijden (latency) met een hogere betrouwbaarheid, waarmee mogelijkheden voor mobiliteit en connectiviteit worden versterkt.

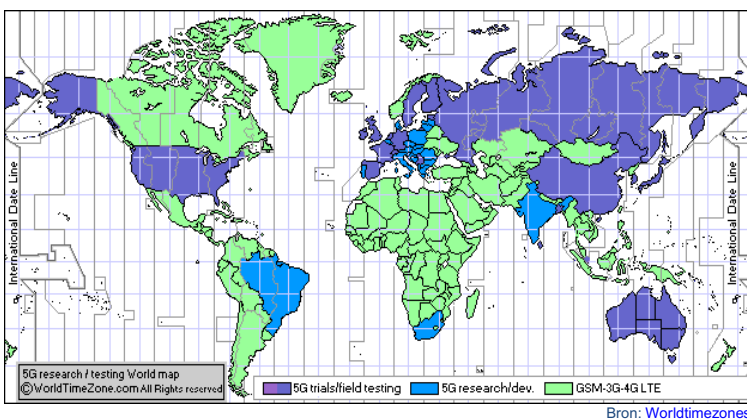
[Ref: Fraunhofer Towards the 5G Environment, 2014]
[Ref: EC 5G Vision 2015]



2.3 Geografisch Perspectief

2.3.1 Wereldwijd

Wereldwijd worden verschillende 5G netwerken ingericht en geëxperimenteerd met toepassingen en producten die hier gebruik van maken. Zuid-Korea, China en Australië vormen in 2025 naar verwachting de grootste 5G regio, met een verwachte dekking van 675 miljoen connecties in 2025, maar ook China wordt al genoemd als de onbetwiste leider van 5G ontwikkeling (eerste commerciële producten in 2018 beschikbaar).



China zet alles op alles om een leidende rol te spelen in de ontwikkeling en commercialisering van 5G, daar waar ze op het 3G en 4G gebied te laat zijn ingestapt. China heeft in 2013 al een start gegeven met het 'Made in China 2025' initiatief, met als doel de doorbraak van China in 5G mobiele communicatie, het realiseren van een groter aandeel in het IP rond de universele 5G standaard en het vergroten van haar wereldwijde invloed.

Verbeteren van de internationale positie van Chinese innovatie, productie en handel, maar ook op het gebied van huiselijke toepassingen, waar men verwacht dat toename van werkgelegenheid en broedplaatsen voor nieuwe toepassingen, apparatuur en businessmodellen die de economie versterken.

Ook de Verenigde Staten laat zich niet onbetuigd (uitrol van 5G in enkel steden in 2019), maar het is de vraag of zij de ontwikkelkracht in China en Azië weet bij te houden. De leidende rol die de VS heeft opgebouwd in 4G heeft bijgedragen aan economische groei en ontwikkeling van werkgelegenheid. Hierbij heeft de VS de achterstand die men had in 2G en 3G ruimschoot kunnen compenseren. Het economische belang voor de VS om deze positie in de 5G ontwikkeling te handhaven is van belang.

[Ref: GSMA Mobile Economy 2018]
[Ref: EY China is poised to win the 5G race 2018]
[Ref: The global race to 5G, ctia 2018]

2.3.2 Europa

Voor Europa ligt de uitdaging op tafel, om in deze race naar de toekomst haar innovatiekracht en positie te behouden. Op wereldwijd niveau bevinden alleen Frankrijk, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk zich in de tier 2 van Country Readiness. Tier 1 wordt gevormd door China, Zuid-Korea, VS en Japan.

Europa was de leidende kracht achter de ontwikkeling van 2G en de standaardisatie in netwerk equipment, handsets en operating systems. Een belangrijke bron van economische groei en banen, die wegviel toen Europa niet in staat bleek deze leidende rol vast te houden met de komst van 3G. Japan nam het leiderschap over, om deze bij de opmars van 4G weer te verliezen aan de VS. Het verliezen van leiderschap op het draadloze domein, is niet zonder gevolgen en Europa zoekt al langer naar mogelijkheden om haar positie in de ontwikkelingen veilig te stellen.

In 2015 is door de Europese Commissie een visie geformuleerd, waarin 5G wordt gepositioneerd als 'a key enabler of the future digital world'. De verwachting dat nieuwe generatie van een ultrasnelle infrastructuur een transformatie gaat stimuleren in alle economische sectoren.

In de visie van de EC zal rond 2025 de integratie van telecommunicatie, softwareontwikkeling en opslag van data, leiden tot een uniforme infrastructuur en groei van het aandeel van draadloze connectiviteit naar 75% (in 2012 was dit nog 45%). De infrastructuur is klaar voor multi-tenancy (meerdere gebruikers met dezelfde toegangsrechten), waardoor één digitale markt ontstaat en pan-Europese diensten op nationale infrastructuren mogelijk worden. Hiermee wordt de basis gelegd voor een groeiend ecosysteem, waarin sociale, technologische en bedrijfsmatige innovatie ruimte biedt voor nieuwe businessmodellen en nieuwe vormen van samenwerking.

De Europese Commissie heeft in september 2016 een plan gestart om een impuls te geven aan de operationalisering van een 5G infrastructuur en één digitale markt vanaf 2020. De ontwikkeling van 5G wordt hierin gecoördineerd over alle lidstaten, waarbij de grote stedelijke gebieden en belangrijkste wegen worden gestimuleerd kunnen dienen om praktische operationele toepassingen in te richten. De doelstelling is om grootschalig commerciële toepassing uiterlijk eind 2020 mogelijk te maken.

[Ref: EC 5G context and European policy phase II]

[Ref: EC 5G Vision 2015]

[Ref: UMTS Forum Report 44, 2011]

[Ref: 5g empowering vertical industries, 2016]

[Ref: The global race to 5G, ctia 2018]

2.3.3 Nederland

Op het gebied van overheid en bestuur, ligt de focus op economische stimulans en innovatie. Draadloze connectiviteit wordt gezien als een 'onmisbare grondstof' voor de Nederlandse samenleving, maatschappelijke ontwikkeling en economische groei. 5G zal een belangrijke bijdrage leveren aan het ontwikkelen van nieuwe vormen van connectiviteit. Bestaande rolverdelingen tussen marktpartijen gaan echter veranderen en nieuwe spelers op de markt kunnen worden verwacht. 5G omvat immers technologieën die een belangrijke basis leggen om servicedifferentiatie te stimuleren.

Drie van de drie grote mobiele providers van Nederland zijn betrokken bij 5G initiatieven:

- T-Mobile test in **Amsterdam**, met focus op Massive MIMO (op basis van bestaande mobiele frequenties). Het signaal wordt gedoseerd en versterkt aangeboden in de richting waar apparatuur zich bevindt.
- Vodafone is betrokken bij 5G in **Groningen**, waarin met name Network Slicing en Edge Computing worden onderzocht. Network slicing maakt een deel van het (5G) netwerk beschikbaar voor een specifieke klant en Edge Computing maakt gebruik van de bredere range aan frequenties waarop 5G werkt (stapelen van 4G frequenties).
- KPN is actief op 4 initiatieven in Nederland: Amsterdam (network slicing en massive MIMO), **Rotterdam** (geolocatie op mobiele telefoon frequenties), **Drenthe** (buitengebied op basis van hoogfrequente richt antennes en precisielandbouw) en een V2X initiatief in **Helmond** (connectiviteit tussen auto's op basis van 5G).

Investeringen in de telecom infrastructuur zijn noodzakelijk om de toenemende vraag naar connectiviteit te kunnen beantwoorden. Dit kan zijn door het plaatsen van small cells, maar ook de aansluiten daarvan bestaande glasvezelnetwerken, zodat de voordelen van beiden kunnen worden versterkt. Daarnaast is er een diversiteit aan regelgeving waar rekening mee moet worden gehouden. De nieuwe Omgevingswet (verwacht in 2021) geeft de kaders waarbinnen lokale gemeentes hun eisen kunnen stellen. Uitgangspunt is 'Lokaal wat kan, centraal wat moet'.

In 2023 is het de bedoeling dat ieder huishouden over een internetverbinding beschikt met een snelheid van 100Mbps of meer, onafhankelijk of dit bereikt wordt door vaste of mobiele verbindingen. Het Actieplan Digitale Connectiviteit gaat er van uit dat het merendeel van de huishoudens tegen die tijd al de beschikking hebben over de hogere snelheid van 1Gbps.

[Ref: Veilig en verbonden NL, 2018]

[Ref: Actieplan Digitale Connectiviteit, 2018]

[Ref: 5G en de ACM, 2018]

[Ref: Stratix Onderzoek naar kosten van 5G uitrol, 2018]

2.3.4 Regio Apeldoorn

Om de landelijke ambitie te realiseren, dat in 2023 alle Nederlanders over snel of zeer snel internet kunnen beschikken, is een dekking voor draadloze communicatie (inclusief 5G) een noodzakelijke randvoorwaarde. De gemeente Apeldoorn werkt aan het verbeteren van onder meer de leefbaarheid en economische concurrentiekracht in stad en regio.

Apeldoorn kent een grote diversiteit aan bedrijven en organisaties. De sectoren die hiermee worden vertegenwoordigd zijn Zorg, Technologie & IT, Maakindustrie, Transport & Logistiek, Vrije Tijd. Daarnaast bestaan diverse regionale samenwerkingsverbanden waarmee ontwikkelingen in de regio worden gestimuleerd, onder meer onder de noemer Smart City. In bijlage D is een overzicht opgenomen van de bekende en grote werkgevers in Apeldoorn, evenals de samenwerkingsverbanden waar op regionaal niveau mee wordt samengewerkt.

5G biedt kansen voor Apeldoorn, dat betrokken is bij verschillende netwerkinitiatieven in de regio die zich richten op samenwerking en innovatie:

- Platform Apeldoorn IT
- Stichting Centre of Excellence voor Sociale en Technologische Innovatie
- Cleantech Regio Smart Industries
- G40 – Smart Cities (tafel economie & werk)



Bestaande samenwerkingsverbanden en organisaties kunnen een trekkersrol vervullen in het benutten van deze kansen. Daarnaast maakt het Apeldoorn aantrekkelijk voor hoger en wetenschappelijk onderwijs en onderzoek.

Voor het ontwikkelen van producten en diensten met de 5G technologie als drager, is daarmee het ondernemersklimaat aanwezig om in samenwerking de positionering van de regio concurrerend op de kaart te zetten. Als landelijk voorzitter van de G40 voor Smart Cities is Apeldoorn voor de stad en de regio goed gepositioneerd voor het realiseren van oplossingsgerichte innovatieve samenwerking, zowel op strategisch, tactisch als operationeel niveau. Hierbij worden beleidsmatig drie vormen van samenwerking onderkend:

Grondhouding	Voordelen
Als partner	Kwaliteit staat voorop, flexibiliteit in het samenwerkingslandschap, ruimte voor deelname van ondernemers en onderwijsinstellingen
Geïstitutionaliseerd	Beperking van bestuurlijke druk, efficiëntie voordelen, sterke democratische legitimiteit en consistentie in uitvoering
Op eigen kracht	Het belang van Apeldoorn (en de regio) staat voorop, sterke democratische legitimiteit consistentie in uitvoering en partners delen in de beschikbare kwaliteit

Iedere grondhouding heeft ook haar specifieke beperkingen. Voor strategische samenwerking is het Partnermodel voor de hand liggend (kansen voor Apeldoorn en de regio). Op tactisch en operationeel niveau is de aard van de samenwerking afhankelijk van het gezamenlijk beoogde doel, afhankelijkheid van wettelijke verplichtingen, de motivatie (zakelijk voordeel of maatschappelijke verantwoordelijkheid) en de behoefte aan congruentie (aansluiting van bovenlokale samenwerking op andere regionale indelingen).

In januari heeft de gemeente Apeldoorn een intentieovereenkomst getekend met de Oostenrijkse onderneming RadioLED International GmbH. De ambitie is om in 2019 de 5G functionaliteit beschikbaar te hebben, een netwerk waarmee de basis wordt gelegd voor het ontwikkelen van technologische oplossingen van de toekomst. De realisatie vindt plaats in stedelijk gebied, waarvoor Apeldoorn een deel van haar lantaarnpalen beschikbaar stelt. Apeldoorn heeft reeds de beschikking over een LoRa netwerk, een netwerk dat geschikt is voor integratie in 5G oplossingen en waar Apeldoorn mee in de top 3 van Europese steden staat wat betreft het aantal beschikbare sensoren.

De gemeente Apeldoorn loopt met het RadioLED initiatief voor op de landelijke opdracht om over enkele jaren een dekkend 5G-netwerk uit te rollen. Zij faciliteert een 5G functionaliteit dat in omvang de eerste is in zijn soort in Nederland. Dit onderstreept de ambities van de gemeente Apeldoorn om pro-actief te handelen op het vraagstuk van Smart Cities en ruimte te bieden aan technologische ontwikkelingen in dit domein. Dit biedt kansen voor de gemeente, de regio en landsdeel oost.

[Ref: Actieplan Digitale Connectiviteit, 2018]

[Ref: discussienota regionale samenwerking Apeldoorn, 2017]

[Ref: presentatie college 11 december 2018]

3 5G in praktijk

3.1 Inleiding

Technologie alleen is niet voldoende om innovatie in de praktijk te realiseren. De impact op sociaal en maatschappelijk niveau is afhankelijk van de toepassing, waarin de technologie de motor vormt en de gebruikers die de voordelen van deze technologie ook daadwerkelijk kunnen gebruiken.

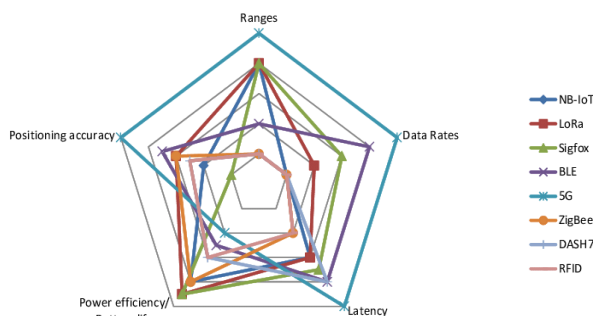
Vergelijk het met een racecircuit met eigen kenmerken en karakteristieken. Het circuit zelf heeft weinig waarde als er geen voertuigen op rijden. De voertuigen zelf hebben ook eigen kenmerken en karakteristieken, die bepaald worden door de bestuurders en op basis van het circuit worden vormgegeven. De juiste technologie onder de motorkap van het voertuig bepaalt of de bestuurder met zijn voertuig optimaal gebruik kan maken van het circuit. Het circuit kan niet zonder voertuig, het voertuig niet zonder motor.

Om de impact van 5G te duiden, is het nodig om enkele technologische ontwikkelingen te benoemen die bepalend zijn in de gefaseerde ontwikkeling van producten, diensten en innovaties die van deze technologie gebruik maken (om in de metafoor te spreken: wat zit er onder de motorkap). In dit hoofdstuk worden drie daarvan in compacte vorm uitgewerkt.

3.2 Afbakening

5G dat beschikbaar wordt gesteld in een draadloos communicatie-infrastructuur, kan niet zonder producten en diensten die hierop worden aangeboden. Deze producten en diensten moeten daarnaast ook aansluiten bij de behoefte van de gebruikers om de technologie tot haar recht te laten komen. Tegelijk hoeven de gebruikers niet alle ins en outs van de 5G te begrijpen om de voordelen van het netwerk te kunnen gebruiken.

Om de impact van 5G te duiden op het gebied van nieuwe producten, dienstverlening, ontwikkeling van nieuwe bedrijfsmodellen en werkgelegenheid, is inzicht in mogelijkheden en beperkingen van deze technologie inzichtelijk te maken. 5G is een samengestelde technologie die diverse draadloze communicatieprotocollen integreert. De standaards en toepassingen zullen de komende jaren fors in ontwikkeling zijn.



5G legt ook een basis voor mogelijkheden die we op dit moment nog niet kunnen voorzien, maar zeker mogen verwacht als het volle potentieel van 5G zichtbaar wordt in de praktijk. Historie laat zien dat technologie veelal de drager is van nieuwe sociale en technologische ontwikkelingen die we niet altijd vooraf hadden kunnen voorspellen. Mobiele telefonie (3G) is daar een bekend sprekend voorbeeld van.

In dit hoofdstuk worden de belangrijkste technologische invalshoeken van 5G globaal beschreven, voor zover deze de komende jaren bepalend zijn voor mogelijkheden voor experimenteren met en realiseren van nieuwe toepassingen en mogelijkheden.

3.3 Technologie en infrastructuur

3.3.1 Inleiding

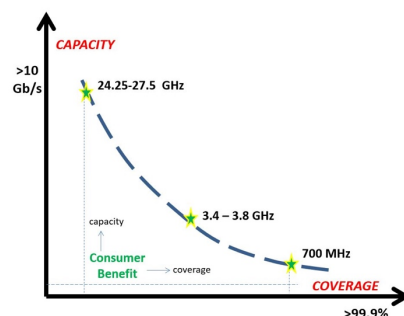
5G is een samengestelde technologie, waarvan veel nog in ontwikkeling zijn. **Frequenties**, de antenne-**infrastructuur** en **netwerkbeheer** via de Cloud zijn drie onderwerpen die in al deze ontwikkelingen een belangrijke rol spelen. Frequenties vormen de fysieke drager van digitale informatie, die zonder een netwerk aan antennevoorzieningen geen informatie kan overdragen. Nieuwe frequenties betekent meer en nieuwe antenne opstellingen, waardoor de infrastructuur voor communicatie toeneemt in complexiteit. Door het fysieke beheer van dat netwerk meer te voorzien van softwarematige oplossingen, wordt de toenemende complexiteit efficiënter en flexibeler beheersbaar.

3.3.2 Frequentiespectrum

Draadloze communicatie is mogelijk door informatie over te brengen via radiogolven. Deze radiogolven zijn de dragers van de informatie. Ze worden verzonden en opgevangen via antennes (al dan niet gericht). Radiogolven zijn in 1886 ontdekt door Henrich Rudolf Hertz en worden gebruikt voor bekende toepassing zoals radio (AM, FM) en televisie, mobiele telefoons (3G, 4G), data en diverse communicatiesystemen (zoals schepen, vliegtuigen, satellieten of C2000).

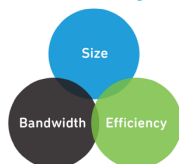
De radiofrequenties vormen een radiospectrum van ongeveer 9 KHz tot 300GHz (voor een overzicht van het radiofrequentiespectrum wordt verwezen naar bijlage 2). De overheid reguleert toewijzing van frequenties door het frequentiebeleid, dat in hoge mate wordt beïnvloed en ingekaderd door internationale afspraken en verplichtingen.

Voor 5G worden veelal drie frequentiebanden genoemd waar 5G communicatie gebruik van maakt. De zogenaamde lage band (700MHz), midden band (3,5 GHz en de hoge band (26GHz). Dit komt omdat hoge frequenties geschikt zijn voor het transporteren van grotere hoeveelheden data, maar beperkt zijn tot een relatief kortere afstand. Bij lage frequenties is juist de data capaciteit beperkt, maar kan een grotere afstand worden overbrugd (zie figuur X en tabel X).



Bandbreedte	Frequentiegebied	Toepassing	Afstand
Lage band	700MHz	Landelijke dekking, maar beperkte capaciteit (vergelijkbaar met 800Mhz 4G band)	Enkele honderden meters tot enkele kilometers
Midden band	3,4 tot 3,8 GHz	Voldoende dekking (vergelijkbaar met 1800MHz 4G band) en capaciteit op landelijk niveau. Primaire band voor 5G communicatie.	Tientallen meters tot een paar honderd meter
Hoge band	24,25 tot 27,5 GHz	mmWave band. Beperkte dekking, extreme capaciteit op hotspotniveau (small cell grids).	Enkele meters

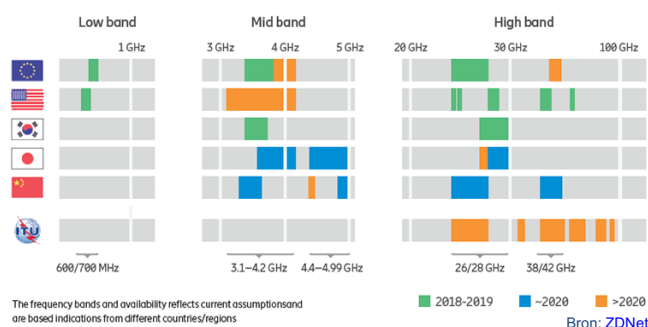
Tradeoff Triangle



In §3.4.3 worden de gebruiksscenario's uitgewerkt voor karakteristieke 5G toepassingsgebieden. Andere eisen aan snelheid, capaciteit of betrouwbaarheid van data, vragen om de toepassing van onderscheiden of gecombineerde frequentiegebieden. Het gebruik van de lage, midden en hoge band, zal in verschillende gebruiksscenario's een andere verdeling laten zien.

Hierbij dient te worden opgemerkt, dat hoge snelheid in combinatie met voldoende geografische dekking feitelijk alleen mogelijk is met de 3,5GHz band. De 700MHZ of 26GHz band kunnen op termijn de afwezigheid van de 3,5GHz band niet compenseren als het gaat om een full-stack 5G implementatie.

In Nederland is de 3,5GHz band nog beperkt beschikbaar voor experimenten en ontwikkeling (zie ook bijlage F). Het satellietcommunicatie interceptiestation in Burum heeft de 3,5GHz band in gebruik ten behoeve van de civiele en militaire inlichtingendiensten AIVD en MIVD. Naar verwachting komt deze frequentie in 2020 beschikbaar als het kabinet een besluit over het mogelijk verplaatsen van deze activiteiten naar het buitenland. Nieuwe toewijzingen van het spectrum in de 5G banden wordt de komende jaren verwacht.



Wereldwijd wordt over het overgrote deel geëxperimenteerd met de 3,5GHz band en de eerste commerciële toestellen die geschikt zijn voor deze frequentie worden in de loop van 2019 verwacht. Nieuwe apparatuur voor de 700MHz en 26GHz band staan pas later op de planning.

De komende jaren zijn er diverse mogelijkheden om de capaciteit van bestaande 4G netwerken in de aanloop naar een volledige 5G infrastructuur te vergroten. Small-cell netwerken bieden de bijvoorbeeld een mogelijkheid voor 4G augmentation, waardoor beter beschikbare frequenties op korte en middellange termijn de 5G ontwikkelingen kan stimuleren.

[Ref: Nota Frequentiebeleid 2016]

[Ref: Nota Hoorzitting Uitrol van 5G in Nederland, 2018]

[Ref: Het Nederlandse Frequentie Spectrum, 2018]

[Ref: Stratix Onderzoek naar kosten van 5G uitrol, 2018]

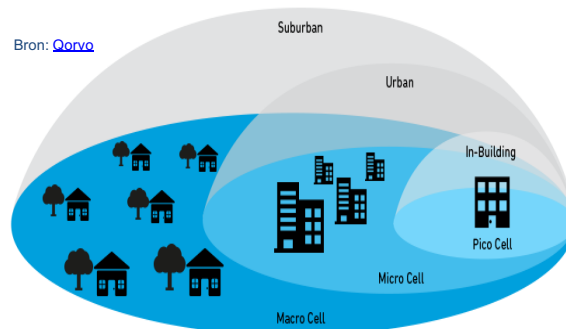
[Ref: Kamerbrief over de toekomst van 3,5GHz band]

[Ref: Qorvo Aperture Tuning: An essential technology in 5G smartphones, 2019]

3.3.3 Infrastructuur

De infrastructuur is het geheel aan voorzieningen dat nodig is om de verbinding tussen bedrijven, consumenten en apparaten mogelijk te maken. Deze infrastructuur omvat zowel verbindingen voor zowel vaste telecommunicatie (zoals glasvezel) als voor mobiele telecommunicatie.

Oorspronkelijk waren het telefonienetwerk, radio en televisienet duidelijk onderscheiden netwerken. Met de komst van het Internet Protocol (IP) en (trans-Atlantische) glasvezelkabels, wordt steeds meer gebruik gemaakt van dezelfde netwerken (netwerk convergentie). De toename van het digitale gebruik van deze infrastructuur door de verwachte exponentiele groei van verbonden apparaten en sensoren, versterkt de vraag naar integratie en hogere snelheden in deze netwerken. Dit heeft effect op het aantal opstelpunten voor de antennes (cell sites).



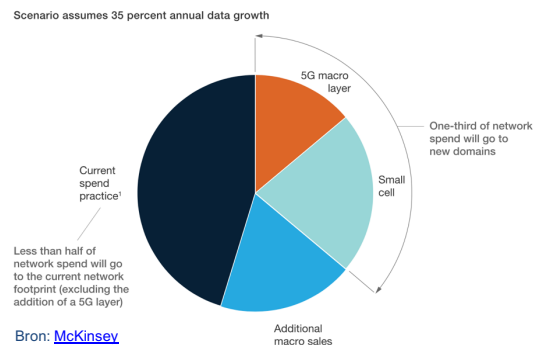
Een succesvolle 5G implementatie is daarom afhankelijk van de verdichting van het netwerk (network densification), om de capaciteit van het netwerk te vergroten en de 5G ambitie (10x sneller van 4G met gegarandeerde connectiviteit) te realiseren. De mogelijkheden om dit te realiseren is door het aantal antennes te vergroten.

Drie strategieën voor uitbreiding van netwerkcapaciteit worden hier uitgelicht. Deze strategieën ontwikkelen door en breiden uit op de bestaande basisstations (Macro Cells) en het toevoegen van Small Cells of een combinatie van beide:

Infrastructuur strategie	Omschrijving
Spectrum Integratie Strategie	Brownfield macro cellulair netwerk. Integratie van bestaande beschikbare spectrum in de 700 en 1500MHz en 3,5GHz banden.
Small Cell strategie	Greenfield small cell laag in de 3,7 GHz. Kleine zendmasten met een beperkt bereik, vergelijkbaar met een wifi-accesspoint.
Hybride Strategie	Combinatie van brownfield netwerk en greenfield laag (700Mhz, 1500MHZ, 3,5GHz en 3,7GHz). De small cell laag pas wordt in deze strategie pas ingericht wanneer de capaciteitsdoelstelling met het beschikbare spectrum niet wordt gerealiseerd.

Stratix heeft een kostenstudie uitgevoerd om voor drie snelheden (30, 100 en 300Mbps) met 100% geografische dekking te realiseren op basis van de benoemde infrastructuur strategieën. Spectrumintegratie blijkt als strategie voor de hogere snelheden (100 en 300) niet toereikend, maar hogere snelheden vragen om aanzienlijke investeringen. Small Cells en Hybride bieden een aanzienlijke aanvulling op de capaciteitsruimte, waarbij de Smart Cell strategie goedkoper uitvalt dan de Hybride strategie.

De Small Cell strategie laat een lagere kostenstructuur zien. Effectief inzetten op Small Cells om 100 Mbps bandbreedte te garanderen met voldoende dekking en celcapaciteit, is echter alleen mogelijk bij beschikbaarheid van de 3,5GHz band. Anders is verdichting van het netwerk op termijn niet mogelijk en kan de bestaande capaciteit niet worden vergroot. In de aanloop naar een full-stack 5G infrastructuur levert de Small Cell strategie, al dan niet in hybride uitvoering, de mogelijkheid het 5G potentieel te benutten en de groei naar bredere dekking gefaseerd te realiseren.



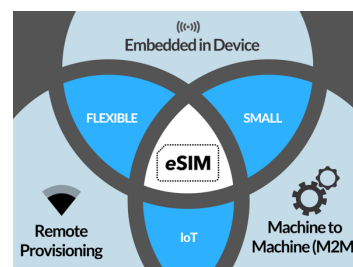
5G heeft een positieve impact op digitale connectiviteit en draagt bij aan het realiseren van een digitale koploperspositie. Versnipperde regionale wetgeving, met name rond locaties van antennes en de lokale netwerken, kan impact hebben op de organisatiekosten van initiatieven. Inleidende wetgeving wordt door het kabinet inmiddels voorbereid om vanaf 2021 de 5G verdichting te vereenvoudigen.

Verdichting van het netwerk is daarnaast cruciaal om de economische mogelijkheden te kunnen benutten. De wet van Metcalf stelt dat de waarde van een netwerk het kwadraat van het aantal connecties is. Dat betekent dat iedere volgende connectie is meer waard dan de vorige. Of deze wet ook van toepassing is op IoT toepassingen is een gebied dat onderzoek vraagt. Wat wel duidelijk is dat groei van het netwerk serieuze mogelijkheden voor nieuwe verdienmodellen biedt en voor het verzamelen van data en inzichten.

	SIGFOX	LoRa	clean slate	NB LTE-M Rel. 13	LTE-M Rel. 12/13	EC-GSM Rel. 13	5G (targets)
Range (outdoor) MCL	<13km 160 dB	<11km 157 dB	<15km 164 dB	<15km 164 dB	<11km 156 dB	<15km 164 dB	<15km 164 dB
Spectrum Bandwidth	Unlicensed 900MHz 100Hz	Unlicensed 900MHz <500kHz	Licensed 7-900MHz 200kHz or dedicated	Licensed 7-900MHz 200kHz or shared	Licensed 7-900MHz 1.4 MHz or shared	Licensed 8-900MHz 2.4 MHz or shared	Licensed 7-900MHz shared
Data rate	<100bps	<10 kbps	<50kbps	<150kbps	<1 Mbps	10kbps	<1 Mbps
Battery life	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years	>10 years
Availability	Today	Today	2016	2016	2016	2016	beyond 2020

IoT innovatie zal naar verwachting een sterke impuls door de 5G infrastructuur. Het grootste deel van nieuwe connecties zal bestaan uit apparaten, devices, sensoren en Machine to Machine toepassingen. De small cell architectuur biedt hierin ongekennde mogelijkheden en vraagt om nader onderzoek, experimenten en ontwikkeling. Er worden echter nog diverse standaarden gebruikt in het IoT landschap en harmonisatie is onderwerp van onderzoek.

Een voorbeeld is eSIM. Waar IoT de connectiviteit in aantallen op een hoger niveau tilt, wordt eSIM gezien als kick-start technologie achter IoT. eSIM staat voor embedded SIM. eSIM is al operationeel sinds 2016, en feitelijk een geïntegreerde versie van de bekende SIM kaarten. Toename van 5G apparatuur en consumentgerichte IoT toepassingen biedt nieuwe mogelijkheden voor connectiviteit. eSIM maakt devices slimmer en meer standalone, waardoor het belang van veiligheid, efficiency en betrouwbaarheid toeneemt. eSIM draagt bij aan smart access control en platform beveiliging, maar ook onderwerpen als veilig contactloos betalen met apparatuur van de toekomst.



Een andere belangrijke ontwikkeling zijn de Low Power Wide Area Networks (LPWAN), zoals SigFox, LoRA WAN en Narrowband IoT. Deze ontwikkeling vindt gelijktijdig plaats aan de ontwikkeling van 5G. De integratie van 5G en LPWAN is onderwerp van onderzoek en moet bijdragen aan de ontwikkeling van massive IoT oplossingen voor de toekomst.

[Ref: Actieplan digitale connectiviteit, 2018]

[Ref: Stratix Onderzoek naar kosten van 5G uitrol, 2018]

[Ref: Qorvo: An essential technology in 5G smartphones, 2019]

[Ref: NXP, Mobile World Congress 2018]

[Ref: Nokia Whitepaper on LTE evolution for IoT connectivity]

[Ref: simplifywireless.com, 2018]

3.3.4 Cloud architectuur

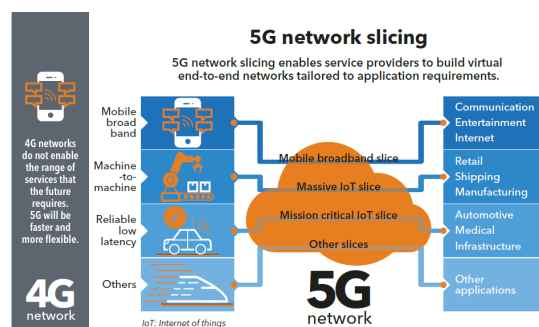
Software wordt steeds belangrijker om de praktische vertaling naar mogelijke use cases te realiseren. Het biedt flexibiliteit, beheersbaarheid, schaalbaarheid van 5G toepassingen in de toekomst. Software speelt een belangrijke rol in het realiseren van 5G als drager van vernieuwing en innovatie. Een belangrijk gebied waar 5G mogelijkheden brengt, is het netwerkmanagement, waar verschillende technieken de mogelijkheden optimaliseren

Enkele belangrijke ontwikkelingen hierin zijn:

- Slicing (fysiek netwerk opdelen in logische virtuele partities)
- Softwarisatie (software gebaseerd netwerkbeheer)
- Architectuur convergentie (agnostische fixed mobile convergentie)

Network Slicing

Door de verschillende frequentiegebieden die voor 5G beschikbaar komen, wordt het mogelijk een bestaand fysiek netwerk eenvoudig op te delen in virtuele netwerken. Hiervoor wordt Network Slicing toegepast. Met Network Slicing wordt het voor het eerst mogelijk om verschillende gebruikersgroepen over hetzelfde netwerk specifiek toegesneden toepassingen aan te bieden met eigen karakteristieken. Bijvoorbeeld een apart deel voor een IoT netwerk, waar laag energie gebruik belangrijker is dan snelheid, en een apart deel voor infrastructuur voor hoge snelheid mobiele breedband.



Softwarisatie

Het klassieke netwerkbeheer is ingewikkeld, eigendom is versnipperd en het moet veelal handmatig worden beheerd. Softwarisatie en virtualisatie biedt mogelijkheden om softwarematig scheiding aan te brengen tussen netwerk hardware en -software. Het creëert mogelijkheden voor flexibeler en sneller ontwerp, realisatie en beheer van het netwerk. Het vergroot de schaalbaarheid, optimaliseert de kosten voor exploitatie door een hogere wendbaarheid, betere standaardisatie en een hogere automatiseringsgraad. Een noodzaak in het 5G tijdperk, waarin de aansluitingen van devices exponentieel toeneemt en nieuwe uitdagingen neerlegt voor netwerkbeheer.

Architectuur enabling convergence

De samenwerking tussen vaste netwerken en draadloze netwerken, waarin een diversiteit aan apparaten en systemen toegang heeft en gebruik kan maken van het netwerk. De toegang tot het netwerk is volledig hardware onafhankelijk. Deze architectuur is niet gebouwd op fysieke servers op een fysieke locatie. Een cloud-native architectuur beschrijft alleen HOE de software wordt ontworpen, ontwikkeld en geoperationaliseerd, niet WAAR dit gebeurt.

In bestaande netwerken neemt hardware virtualisatie toe. 5G netwerken vragen een continu proces van aanpassen, vernieuwen en innoveren. Daar speelt software een cruciale rol. Network Slicing biedt logisch gescheiden netwerken voor verschillende E2E diensten. Door een softwarematige scheiding tussen een gebruik en beheer van het netwerk (scheiden van de *user plane* en *control plane*) en een uniforme database, wordt de operationele exploitatie eenvoudiger. Via een cloud architectuur kunnen netwerkfuncties flexibel worden aangepast om de gebruikers optimaal te bedienen.

[Ref: Resavy Research, global impact of wireless innovation, 2018]

[Ref: IMT2020 roadmap GSR17, 2017]

[Ref: Ericsson IoT use cases, 2017]

[Ref: Ericsson 5G for industries Report, 2018]

[Ref: The impacts of mobile broadband and 5G, Deloitte UK 2018]

Ref: ITU News Emerging trends, 2017]



3.3.5 Conclusie

Technologie alleen is niet voldoende om innovatie in de praktijk te realiseren, maar vormt wel de motor van de ontwikkelingen. Drie ontwikkelingen zijn toegelicht omdat zij een belangrijke rol spelen in de ontwikkelingen die de komende jaren 5G een solide technologische basis geven. 5G maakt gebruik van drie frequentiebanden, die nog niet allemaal beschikbaar zijn. Toepassing van deze drie banden is afhankelijk van gebruikseisen (snelheid, capaciteit of betrouwbaarheid).

De 5G infrastructuur vraagt daarnaast om aanzienlijke investeringen. Door gebruik te maken van Small Cell strategie in combinatie met de bestaande infrastructuur, wordt een optimale balans verwacht tussen kosten en toekomstige mogelijkheden. Voor IoT toepassingen is de verwachting dat verschillende protocollen gaan convergeren naar een integrale toepassing in een 5G infrastructuur (zoals LoRa, Narrow-Band IoT en eSIM).

De toenemende complexiteit van het netwerk vraagt tot slot om een sterkere virtualisatie en softwarisatie van het netwerk. Het beheer van het netwerk en de aangesloten devices wordt daarin verzorgd vanuit de Cloud. Het gebruik van frequenties kan softwarematig worden toegewezen aan bepaalde toepassingsgroepen (network slicing), waardoor optimalisatie van bandbreedte en veilige scheiding van toepassingsgebieden mogelijk wordt.

De ontwikkeling op deze drie gebieden zijn de komende jaren belangrijke katalysatoren van nieuwe en innovatieve toepassingen die op de 5G infrastructuur de toegevoegde waarde voor ondernemers en maatschappij gaan versterken.

3.4 Scenario's en sectoren

3.4.1 Inleiding

Gebruiksscenario's of *use cases* worden in de literatuur beschreven vanuit een theoretisch kader en een praktisch kader. Het theoretische kader deelt de scenario's in naar specifiek technische eigenschappen die 5G biedt, zoals snelheid, grote bandbreedte of groot volume aan aangesloten apparaten en sensoren.

Voor bepaalde scenario's is het relatief eenvoudig voor te stellen waar zij hun toepassing vinden. Het praktische kader laat de toepassingsgebieden zien in een concrete context. Omdat het spectrum aan praktische toepassingen groot is, wordt in deze paragraaf vooral de aandacht gelegd op de praktische scenario's die aansluiten op de regionale economie en bedrijvigheid.

3.4.2 Afbakening

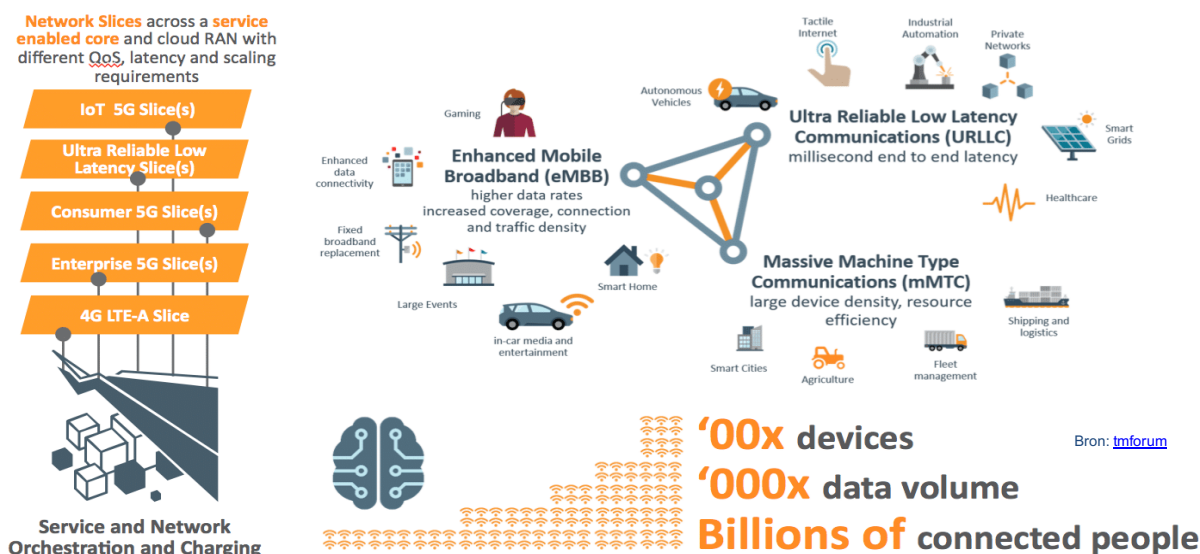
In §3.3 zijn drie technologische ontwikkelingen beschreven die als 'enabling technology' de drager worden van toekomstige toepassingen. De vraag is waar deze toepassingen toe leiden, welke economische en maatschappelijke ontwikkelingen hiermee in beweging komen en wat dit betekent voor ondernemerschap, kennisontwikkeling en maatschappelijke impact.

In deze paragraaf wordt beschreven welke generieke gebruiksscenario's inmiddels breed worden onderkend en hoe deze worden vertaald naar sectoren waar technologische innovatie nieuwe producten en diensten stimuleert.

Ieder gebruiksscenario kent andere eisen en wensen aan snelheid, capaciteit of betrouwbaarheid van gegevensoverdracht. De afweging tussen deze eisen bepaalt in belangrijke mate hoe 5G hier op kan worden ingezet. Businessmodellen in specifieke sectoren kunnen worden gecategoriseerd in een van de gedefinieerde gebruiksscenario's.

3.4.3 Gebruiksscenario's

Onderstaande infograph toont de algemeen gangbare generieke gebruiksscenario's van 5G, inclusief voorbeelde waar de toepassing kan worden verwacht.

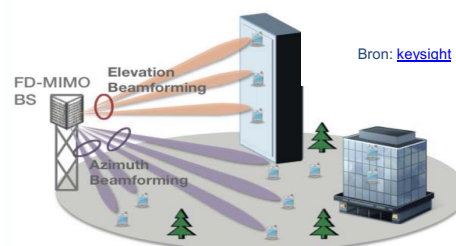


De drie primaire gebruiksscenario's hebben betrekking op drie toepassingsgebieden:

eMBB enhanced Mobile BroadBand	De natuurlijke evolutie van het 4G netwerk, voor toepassingen die veel data vragen en een groot geografisch gebied beslaan. Bijvoorbeeld diensten die UHD of 360° streaming video aanbieden of toepassingen voor Virtual, Augmented of Mixed Reality.
mMTC massive Machine-Type Communications	De evolutie van de bestaande IoT technologie. Het faciliteert de verwachte enorme toename van Low Power en Low Energy devices per vierkante kilometer en stimuleert toepassingen op het gebied van industrie (4.0) en waar grote hoeveelheden smart sensoren gelijktijdig met elkaar moeten communiceren
URLLC Ultra-Reliable and Low-Latency Communication (of critical MTC: cMTC)	Stimuleert het zogenaamde 'tactile internet', waar extreem lage latency wordt gecombineerd met hoge beschikbaarheid, betrouwbaarheid en veiligheid. De belofte voor deze gebruiksscenario's richt zich op toepassingen voor industriële automatisering, transportsystemen en gezondheidszorg en met name de zogenaamde 'mission critical' toepassingen.

Als vierde element rond deze gebruiksscenario's wordt veelal ook het verbinden van vaste en draadloze netwerken opgenomen. Door vooral binnen stedelijke gebieden met hoge bebouwing speciale technologieën, zoals Massive MIMO en 3D Beamforming toe te passen, wordt op specifieke locaties draadloos een snelheid gerealiseerd die de snelheid van glasvezel benadert. Deze aanvulling is echter vooral van toepassing op de eMBB ontwikkeling.

Massive MIMO is een technologie die het datatransport naar een groot aantal gelijktijdige gebruikers garandeert, door inzetten van een groot aantal antennes. Aangevuld met beamforming krijgen deze gebruikers maximaal ontvangst doordat de antennes kunnen worden gericht op het ontvangende device. De combinatie vergroot de bereik, performance en efficiënt gebruik van het netwerk.



5G zal naar verwachting een grote impact krijgen op verschillende sectoren in de economie. Kwantificeren van deze impact is ingewikkeld, maar het karakter van de impact op onderzoek en ontwikkeling, investeringen, digitale vaardigheden en concurrentiepositie vraagt om het opbouwen van ervaring, op alle genoemde gebieden.

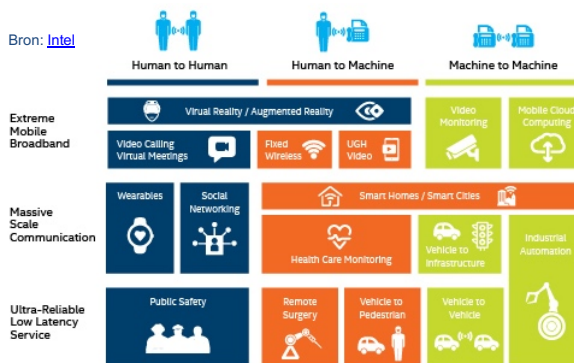
[Ref: 5EU 5PPP 5G empowering vertical industries]
 [Ref: GSMA Public Policy Position on 5G Spectrum 11-2018]
 [Ref: Nokia, massive memo] // [Ref: ITU-R Rec. M.2083]
 [Ref: DotEcon Ltd, Study on Implications of 5G Deployment on Future Business Models, 2018]

[Ref: Resavy Research, global impact of wireless innovation, 2018]
 [Ref: IMT2020 roadmap GSR17, 2017]
 [Ref: Ericsson IoT use cases, 2017]
 [Ref: Ericsson 5G for industries Report, 2018]
 [Ref: The impacts of mobile broadband and 5G, Deloitte UK 2018]

3.4.4 Sectoren en ontwikkelgebieden

Invulling geven aan gebruiksscenario's verschilt per sector. De toepassing en adoptie van 5G binnen onderscheiden sectoren verloopt in verschillende snelheden en niet ieder gebruiksscenario van 5G is relevant voor iedere sector. En wat betekent dit voor de aanwezige sectoren in en rond Apeldoorn.

De drie gebruiksscenario's eMBB, mMTC en URLLC vinden toepassing in communicatie tussen mensen (H2H), mensen en apparatuur (H2M) en apparatuur onderling (M2M). Naast toepassingen die voortbouwen op bekende paradigma's, mag worden verwacht dat er ook totaal nieuwe oplossingen worden ontsloten op gebieden die we nog niet overzien.



In de regio Apeldoorn spelen de volgende sectoren een belangrijke rol in het economische speelveld¹:

- Gezondheidszorg
- Technologie en IT
- Vrije Tijd
- Maakindustrie
- Transport en Logistiek

Daarnaast spelen in de regio de energietransitie en circulaire economie een belangrijke rol, waar op verschillende niveau (bovenregionaal) initiatieven op worden georganiseerd, waar 5G een bepalende rol in zou kunnen gaan spelen.

Toepassingen van 5G in dit regionale speelveld, moeten worden ontwikkeld vanuit een gezamenlijke ambitie, de kennis en ervaring die bij bedrijven aanwezig is en een gedeelde visie op cross-sectorale ontwikkeling en maatschappelijke relevantie. We zullen unieke ontwikkelingen gaan zien binnen onze regio, die aansluiten op de concrete vraag die leeft. Daarin kunnen we ons laten inspireren door initiatieven, ideeën en vergezichten die elders als uitgedacht of in gang gezet zijn. Enkele voorbeelden:

Gezondheidszorg: Toepassingen voor zowel ziekenhuizen, ambulante zorg en zorginstellingen met intramurale of extramurale zorg. Hierin spelen zowel het mMTC als het URLLC-scenario een rol:

- Biomedische technologie en robotica voor lagere zorgkosten en stimuleren van gezonde levensstijl.
- Diagnostiek op afstand en robot assisted care of chirurgie; robots voor een beter en gezonder leven.
- Klinische zorg op; tele-medicatie of zorg in afgelegen gebieden (bijvoorbeeld bij chronische ziektes).
- Hospital@Home; thuisdialyse, voedingssondes en beperking van aantal ziekenhuisopname.
- VR-toepassingen voor rehabilitatie (stereo statische kamera's of holografische trainers)

Smart Society: Smart cities, buildings en homes, de voortgaande digitalisering van de leefomgeving. Typische verdichting van het netwerk op basis van eMMB en mMTC scenario's:

- IoT toepassingen met lage kosten en energieconsumptie in gebouwen, huizen en installaties.
- Toezicht, meten en signaleren met sensoren; lage kosten, energiebehoefte en datarate/
- Mogelijkheden voor integreren met Narrowband-IoT, LoRa of e-SIM (low power mogelijkheden).

Energievoorziening: Bijdrage leveren aan de energietransitie, optimalisatie van distributienetwerk en verbeteren van de intelligente energieregulering. Vooral focus op het mMTC scenario.

- Gebruik en distributie van energie wordt gedecentraliseerd met automatisch beheerssysteem.
- Smart Grid voor het reguleren van vraag en aanbod.

¹ Zie ook bijlage B en C

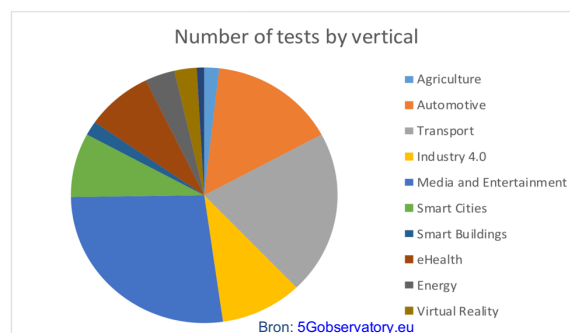
Automotive industrie: Vervoer en logistiek, zowel binnen (warehouses) als buiten (vervoer over de weg) voor assisted of autonoom vervoer en verkeersveiligheid. Hierin speelt het URLLC-scenario een belangrijke rol, samen met hoge bandbreedte en zo hoog mogelijk snelheid (eMMB).

- Communicatie tussen voertuigen, 3D drivers assistance en critical safety detection.
- Autonome of op afstand bestuurbare voertuigen.

Media en Entertainment: Uitbreiding van de 4G mogelijkheden op basis van het eMMB scenario. Meer data en snelheid betekent nog betere gebruikerservaring op interactieve media en entertainment:

- Groeiende content volume, met name door 4K/8K of 360° streaming video.
- Optimale gebruikerservaring bij streaming diensten via de Cloud; hoge snelheid en lage latency.
- Gaming en *immersive experiences* met VR, AR of MR in groeiende doelgroepen.

De standaarden voor 5G zijn nog in ontwikkeling en de eerste commerciële toepassingen beginnen te materialiseren. Het potentieel is echter duidelijk. Met name de 5G use cases die gebruik maken van het 5G frequentiespectrum boven de 6GHz bieden op termijn nieuwe mogelijkheden die niet realiseerbaar zijn met de lagere banden in het spectrum. Hierin wordt een belangrijk deel van de toekomstige innovatie verwacht, die voor iedere sector anders kan ontwikkelen.



Tactiel Internet is de volgende de volgende stap in IoT, waar Human to Machine (H2M) en Machine to Machine (M2M) communicatie toepassingen gaan toenemen. De beschikbaarheid van 5G technologie, naast de al bestaande technologieën biedt ruimte om te testen en op basis van een Proof of Concept te toetsen in de praktijk. Dergelijk praktijkonderzoek moet aantonen op welke gebieden het potentieel van 5G daadwerkelijk tot zijn recht komt.

[Ref: 5EU 5PPP 5G empowering vertical industries]
 [Ref: GSMA Public Policy Position on 5G Spectrum 11-2018]
 [Ref: ITU-R Rec. M.2083]
 [Ref: 5GObservatory Quarterly report 2, 12-2018]
 [Ref: DotEcon Ltd, Study on Implications of 5G Deployment on Future Business Models, 2018]
 [Ref: Resavy Research, global impact of wireless innovation, 2018]
 [Ref: IMT2020 roadmap GSR17, 2017]
 [Ref: Ericsson IoT use cases, 2017]
 [Ref: Ericsson 5G for industries Report, 2018]

[Ref: The impacts of mobile broadband and 5G, Deloitte UK 2018]
 [Ref: mmMAGIC project perspective, 2016]
 [Ref: Intel] Intel entertainment experiences
 [Ref: 2018 Deloitte, The impacts of mobile broadband and 5G]
 [Ref: Aalto University, Martti Mäntylä] Industriële use cases
 [Ref: ETSI/BOARD.5GCOM(17)018_002, 2017]
 [Ref: Actieplan digitale connectiviteit, 2018]
 [Ref: Intel 5G economics of Entertainment report, 2018]
 [Ref: Nokia 5G Use Case White Paper, 2016]

3.4.5 Conclusie

Enhanced Mobile Broadband (eMBB) is een evolutie op de bekende 4G netwerken, gericht op toepassing waar veel data beschikbaar is met hoge geografische dekking. Massive Machine-Type Communicatie (mMTC) is de integratieve evolutie van diverse IoT standaards, die de communicatie tussen sensoren en apparaten faciliteert. Tot slot is de ontwikkeling van kritische toepassingen het domein van Ultra-Reliable and Low Latency Communication (URLLC), een gebied waarin diverse nieuwe toepassingen zullen ontstaan.

De topsectoren die in de regio Apeldoorn actief aanwezig zijn, kunnen putten uit diverse wereldwijde initiatieven waarop kan worden voortgebouwd. Maar ook specifieke of regionale cross-over toepassingen zijn mogelijk. Het inrichten van een proeftuin voor gezamenlijk ontwikkelen en experimenteren in de praktijk, is een belangrijk voorwaarde om te komen tot bruikbare business cases.

4 Economisch speelveld

4.1 Focus op toepasbaarheid

In voorgaande hoofdstukken is duidelijk gemaakt dat de toepasbaarheid vanuit verschillende invalshoeken kan worden aangevlogen. Infrastructuur, softwareontwikkeling en concrete sectoren waar specifieke toepassingsgebieden zichtbaar worden zullen in samenwerking de mogelijkheden van 5G kunnen ontsluiten. In de regio Apeldoorn zijn verschillende sectoren prominent aanwezig die voordeel kunnen behalen uit de potentiële mogelijkheden die 5G biedt.

De gemeente Apeldoorn is voorzitter van het stedennetwerk G40² Smart Cities, waarmee de gemeente digitalisering als één van de belangrijkste economische transitieën erkent en actief mee vorm geeft. De impact van nieuwe technologische ontwikkelingen, zoals mobiliteit, klimaat, gezondheid en participatie staan hierin centraal en sluit aan op de Agenda Digitale Overheid. De intentieverklaring van de gemeente Apeldoorn met RadioLED voor het opzetten van een small cell infrastructuur, biedt daarnaast een uitgelezen kans om de regionaal goed vertegenwoordigde sectoren te verbinden en de regio een koploperrol te laten spelen in de praktische toepassing van 5G.

Apeldoornse bedrijven werken meer dan gemiddeld samen in innovatieprocessen met andere bedrijven in Nederland. Daarnaast kent Apeldoorn een grote vertegenwoordiging van bedrijven die een rol kunnen pakken in de technische realisatie van de 5G ambities, maar ook sectoren waarin de potentiële kracht van 5G nieuwe en maatschappelijk relevante oplossingen kan bieden. Met alleen in Apeldoorn al ruim 93.000 werknemers in toonaangevende sectoren als maakindustrie, informatietechnologie, transport en logistiek, gezondheidszorg en toerisme, kan de regio een belangrijk rol spelen in specifieke toepassingsgebieden voor 5G.

4.2 Cross-sectorale ontwikkeling

In de regio Apeldoorn zijn diverse netwerkorganisaties en samenwerkingsverbanden actief, waar onder Cleantech Regio, Ondernemen055, Centre of Excellence voor Sociale en Technologische Innovatie, Apeldoorn IT, BKA Bedrijvenkring Apeldoorn, Zorgplatform Apeldoorn, RCT Gelderland, BOOST en Oost NV. Vanuit de verschillende netwerkorganisaties wordt samengewerkt met onderwijs (Saxion, ROC Aventus). Deze Triple Helix samenwerking biedt kansen om in de hele keten tot onderzoek- en toepassingsmogelijkheden te komen.

De toonaangevende sectoren bestaan uit een groot aantal gerenommeerde en gespecialiseerde organisaties (deze lijst is niet uitputtend):

Zorg en Welzijn	Ruim 436 zorginstellingen (bron: zorgkaart Nederland) in de regio, waaronder Gelre Ziekenhuizen, S'Heerenloo, Atlant, Verian Thuiszorg, KleinGeluk, Riwis Zorg en Welzijn en GGNet.
Technologie en IT	Ruim 48 ICT en mediabedrijven, waaronder Luminis, ICT-Partners, Profit Consulting, Thinkwise, Divitel, Be Informed en diverse overheidsdiensten met een specialisatie in ICT, zoals het Kadaster, Belastingdienst, KPN en Achmea
Maakindustrie	Meer dan 20 bedrijven in de installatietechniek en makindustrie, waaronder Remeha, Hollander Techniek, SAAB, BAM, Kiwa Technology, AFP, Loparex, Solidpack en Holland Colours en Avantes
Transport en logistiek	Diverse organisaties, waaronder Sandd, Thomassen, Huisman Transport, SILS, Futurumshop en en Breustedt Chemie
Vrije Tijd	Onder meer de Apenheul, CODA, Nationaal Park de Hoge Veluwe en Orpheus
Diversen	Landelijke instellingen met een centrale dienst in Apeldoorn, zoals de Politieacademie, Koninklijke Marechaussee, Belastingdienst, Kadaster, Arcadis en Centraal Beheer

De ontwikkeling van 5G toepassingen vraagt om samenwerking die over de grenzen van sectoren heen gaat. De zorgsector speelt een belangrijke rol voor de werkgelegenheid in de regio. De maatschappelijk vraagstukken rond kwalitatieve, betaalbare en menswaardige zorg zijn legio en de technologische ontwikkelingen bieden hier een ongekend potentieel.

² G40: samenwerkingsverband van de 40 grootste gemeenten in Nederland

De vraag is oneindig en alleen door samenwerking zijn we in staat hier antwoord op te geven. Samenwerking is essentieel om oplossingen te ontwikkelen die enerzijds invulling geven aan de maatschappelijke behoefte en anderzijds deze behoefte beantwoorden met een businessmodel dat naast maatschappelijk impact ook de bedrijfseconomische groei van de ondernemers waarborgt.

4.3 Faciliteren en stimuleren

De rol van de lokale overheid is de komende decennia belangrijk. Innovatie rond 5G toepassingen is een aantrekkelijk werkveld, maar het brengt voor ondernemers belangrijke risico's met zich mee. Innovatie heeft een sterk experimenteel karakter en niet alle experimenten zullen uiteindelijk levensvatbaar zijn. Daarnaast zijn er nog diverse muren te slechten, zowel in technologisch en maatschappelijk opzicht als in wet en regelgeving. Ondernemers zullen risico aan moeten durven gaan, vanuit het vertrouwen dat er voor iedere deelnemer uiteindelijk ook economisch voordeel in kan worden behaald.

De overheid speelt een belangrijk rol in het faciliteren van mogelijkheden en het voorzien van randvoorwaarden die de gezamenlijke cross over ontwikkelingen mogelijk maken. Het aanbieden van 5G functionaliteit door RadioLED is een belangrijke stap om het onderzoek naar mogelijkheden voor meer leefbaarheid en economische concurrentiekracht te stimuleren. De ambitie is om in het najaar van 2019 te starten met de aanleg van dit netwerk.

De gemeente loopt hiermee vooruit op de landelijke ambitie die is vastgelegd in het landelijke Actieplan Digitale Connectiviteit. Het biedt kansen voor het bedrijfsleven in Apeldoorn en omstreken. De basis voor het ontwikkelen van slimme toepassingen op dit nieuwe netwerk is gelegd. Het bedrijfsleven is nu aan zet om hier verder concrete invulling aan te geven.

4.4 Regionale samenwerking

Op Europees niveau wordt ingezet op een versterking van het Europees leiderschap in 5G (3GPP). Met als doel regionale stimulering van 5G netwerken en realiseren winstgevendende 5G bedrijven en werkgelegenheid.

Dat betekent dat voordelen van 5G voor de verschillende sectoren en bedrijfskolommen, in zowel de publiek sector als bedrijfsleden en consumenten, moeten worden gevalideerd. Dat vraagt om een duidelijk tijdspad voor operationalisatie van 5G, ook op regionaal niveau. Het realiseren van proefopstellingen en aansluiten op landelijke initiatieven is daarbij van cruciaal belang.

Bij experimenten in pilots of proefopstelling worden genomen, is het noodzakelijk om vooraf met alle deelnemers enkele belangrijke vragen te bespreken:

- Welke voordelen worden van 5G verwacht in de toepassing of sector van het experiment
- Op welke wijze is aan te tonen dat 5G deze voordelen ook daadwerkelijk oplevert
- Is het mogelijk om de toepassing met bestaande technologie te realiseren
- Wat is de extra toegevoegde waarde van 5G als het daarmee wel mogelijk blijkt te zijn
- Op welke wijze wordt de transitie van 4G naar 5G ingericht

De doelstelling van de betrokken spelers zullen verschillen (ICT, verticale markten, participanten, sponsors, bijdragende partijen etc) en samenwerking op basis van eigen verwachtingen en KPI's. De samenwerking moet daarom worden gedreven door goed afgestemde verwachtingen die zowel kwantitatief als kwalitatief worden gemeten. De meeste Europese initiatieven zijn gericht op het aantonen van hoge datasnelheid en low latency, de belangrijkste features van 5G.

[Ref: 2018 5G Pan-European trials roadmap 2.0 (3GPP)]

4.5 Apeldoorn, de ondernemende stad!

Het versterken van de veelzijdige economie is één van de speerpunten van de gemeente Apeldoorn. De economische opgaven van de stad zijn vervat in het programma De ondernemende stad. De kracht van Apeldoorn ligt in de stuwende sectoren zorg, maakindustrie, toerisme, informatietechnologie en transport. In de afgelopen jaren is de clusterkracht binnen deze sectoren



sterk verbeterd. Bedrijven weten elkaar te vinden op de gezamenlijke opgaven als werkgelegenheid, duurzaamheid, innovatiekracht en Smart City initiatieven.

De gemeente heeft samen met partners uit het onderwijs, instellingen en bedrijven de Economische Uitvoeringsagenda opgesteld. Het is een echte doe agenda waarbij projecten worden ondersteund die een positieve bijdrage leveren aan de economische vitaliteit van Apeldoorn. Dit zijn bijvoorbeeld initiatieven die bijdragen aan het verbeteren van digitale connectiviteit. Zoals de aanleg en uitrol van glasvezel of bedrijventerreinen en de aanleg van 5G.

Deze zijn een hefboom zijn voor economische ontwikkeling. Apeldoorn telt namelijk een groot aantal IT en daaraan gerelateerde bedrijvigheid. 5G biedt kansen voor deze bedrijven om nieuwe toepassingen te ontwikkelen en zijn positief voor de regionale clusterkracht.

5 Maatschappelijke discussies

De technologische ontwikkelingen komen steeds meer in versnelling. Waar 3G ons in staat stelde om mobiel het internet op te gaan, zorgde 4G voor de nodige verbetering van snelheid en stabiliteit van het dataverkeer. Met 5G komt er een breder spectrum aan toepassing beschikbaar, dat verder gaat dan internet alleen. De technologie zal een maatschappelijke verandering te weeg brengen en zoals ieder systeem gericht is op het behoud van status quo, mag worden verwacht dat deze verandering ook weerstand gaat oproepen.

Hier liggen verschillende redenen aan ten grondslag. Niet iedereen zal met dezelfde snelheid en kennis de nieuwe ontwikkelingen kunnen omarmen of overzien. Sommige doelgroepen worden daarnaast eerder en harder de impact van de mogelijkheden en beperkingen van de ontwikkelingen ervaren. Ook de economische voordelen zullen in verschillende snelheden werkelijkheid worden, waardoor de afstand tussen de starters en de volgers wordt vergroot. Het waarborgen van de maatschappelijke relevantie en de toegevoegde waarde voor het bredere publiek is een belangrijk aandachtspunt.

In dit hoofdstuk worden drie specifieke aandachtspunten benoemd die belangrijk zijn voor de maatschappelijk adoptie en adaptie van de technologische innovatiegolf die de komende jaren onherroepelijk over ons heen gaat rollen. Een brede maatschappelijk participatie is van groot belang.

5.1 Sociale en economische impact

De samenleving zelf is ook in verandering. Demografische ontwikkelingen en maatschappelijke structuur zijn versneld in beweging naar een informatie- en netwerksamenleving. Netwerken van bedrijven, mensen en informatie worden steeds belangrijker.

Daarmee neemt ook de 'digitale kloof' toe, de tweedeling tussen de mensen die toegang hebben tot technologie (internet, software en computers) en diegene die dat niet hebben. In het verleden was het bezit van technologie een goede indicator van deze kloof, maar inmiddels heeft ruim twee derde van de Nederlandse bevolking toegang tot het internet. Op het gebied van vaardigheden is er echter nog steeds een grote tweedeling in de maatschappij.

5G is met de nieuwe mogelijkheden beschikbaar komen de komende jaren zowel een kans als een bedreiging om iedereen in de maatschappij te laten delen in deze voordelen en mogelijkheden. Het is daarom van groot belang dat particulieren en private initiatieven worden verbonden en in samenwerking 5G wordt ingezet met maatschappelijk effect dat voor iedereen waarde toevoegt. 5G is brandstof voor economische groei. Landen die de eerdere standaarden als eerste omarmden, hebben de macro economische voordelen ervaren. Vroeg instappen in 5G zou nog wel eens een groter effect kunnen geven. Snelheid is bepalend, maar de brandstof is kostbaar.

De economische mogelijkheden voor organisaties en instelling in en rond Apeldoorn hebben baat bij een goede 5G infrastructuur en de nieuwe mogelijkheden voor werk en productiviteit. Om de economische waarde beschikbaar te stellen en te houden, is het essentieel om te bewaken dat alle sociaal maatschappelijke groepen uiteindelijk de toegevoegde waarde van innovatie ervaren.

Met bewaken dat het publieke en private rendement van investeringen en samenwerking en het creëren van sociaal-maatschappelijk draagvlak, versterkt Apeldoorn haar positie als economisch centrum in een hoogwaardig leefklimaat.

[Ref: Uitvoeringsagenda Economie Apeldoorn 2017-2022]

5.2 Investeringsklimaat

Voor investeringen en operationalisering tijdlijnen voor een MNO is het belangrijk dat inzicht bestaat in use cases. De CapEx vraagt om use cases om de investeringen in 5G terug te verdienen. Ondanks dat er hoge verwachtingen zijn voor de ontwikkelingen van nieuwe producten en diensten, is het nog niet duidelijk welk deel van deze investeringen ook daadwerkelijk terug worden verdiend.

Innovatie van toepassingen voor sociaal, commercieel gebruik en een grotere productiviteit combineren met connected devices, sensoren en data, vormen de brandstof voor economisch leiderschap.

Dit is echter alleen mogelijk geweest door forse investeringen in de onderliggende communicatie-infrastructuur. Met de groei naar 5G, waar de potentiële connectie van een vrijwel onbeperkt aantal nieuwe apparaten mogelijk wordt, vormt investeren een kritische factor.

De overheid moet optreden als facilitator, mogelijkheden voor industrie, organisaties en werkgelegenheid te stroomlijnen. Daarnaast is het belangrijk dat beleidsmakers (met name rond wet en regelgeving) en investeerders in samenwerking met alle spelers in het ecosysteem om efficiënte oplossingen te vinden voor de barrières om te investeren.

Apeldoorn heeft de ambitie om van Apeldoorn in economisch opzicht de meest toekomst vaste stad van Nederland te maken. Door haar eigen toekomst te creëren en zich niet te laten verrassen door razendsnelle veranderingen in economie en samenleving. Om deze uitdagingen het hoofd te bieden is een sterke samenwerking nodig tussen overheid, bedrijfsleven, en organisaties in zorg en onderwijs. Apeldoorn investeert daarvoor in duurzame oplossingen en creëert hiermee een innovatief klimaat. Met een sterke positie van sectoren waar 5G een vernieuwende rol kan spelen, biedt dit mogelijkheden om een excellent ondernemersklimaat te realiseren als koplopen in de digitale wereld.

[Ref: 2018 Deloitte, 5G The chance to lead for a decade (US focus)]

[Ref: Uitvoeringsagenda Economie Apeldoorn 2017-2022]

5.3 Gezondheid

Elektromagnetische velden komen voor rond hoogspanningslijnen, antennes, elektrische apparaten, mobiele telefoons en huishoudelijke apparaten. Met de inrichting van 5G in het frequentiespectrum, neemt de aandacht voor de spreiding van Radio Frequency Electromagnetic fields (RF-EMF) toe. De gebruikelijke EMF-radio frequenties vallen over het algemeen binnen de huidige grenswaarden vastgesteld voor Europese landen.

Onderzoek naar de effecten van EMF wordt al ruim 50 jaar uitgevoerd en sinds de jaren 90 met specifiek op het spectrum van mobiele en draadloze communicatie. Omdat de EU vanaf 2020 de commerciële toepassing van 5G verwacht, en er inmiddels op nationaal niveau voorafgaande experimenten plaatsvinden, worden potentiële gezondheidsrisico's met extra aandacht onderzocht.

De Rijksoverheid heeft voor Nederland regels opgesteld voor elektromagnetische velden. Deze elektromagnetische mogen niet sterker zijn dan de limieten die daar in zijn vastgelegd. Voor zover bekend zijn elektromagnetische velden niet direct gevaarlijk voor de gezondheid van mensen. Wetenschappelijke organisaties doen nog onderzoek naar de effecten op de lange termijn.

[Ref: [Kennisplatform](#) elektromagnetische velden en gezondheid]

[Ref: RIVM probleemanalyse niet-ioniserende straling, 2004]

5.3.1 Internationaal

Twee internationale instelling hebben richtlijnen ontwikkeld op basis van onderzoeken, gericht op blootstelling door het publiek aan EMF. Het ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) en IEEE (Institute voor Electrical and Electronical Engineers. De Wereld gezondheidsorganisatie WHO heeft in 1996 het Project EMF gestart, om wetenschappelijk bewijs te verzamelen rond de gezondheidseffecten van EMF. Hierin wordt zowel de korte als de lange termijn effecten in beschouwing genomen.

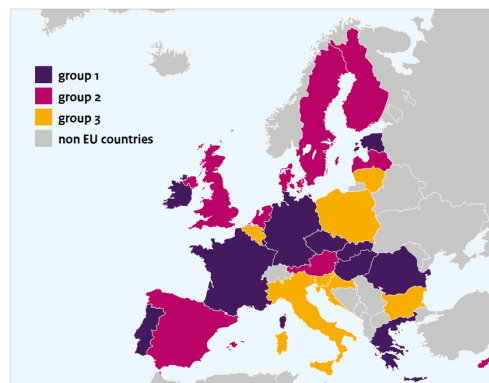
Een vergelijkend onderzoek van het RIVM laat zien dat er aanzienlijke verschillen bestaan in de EMF-grenswaarden binnen Europa en daarbuiten. In 2013 is een EU directive 2013/35/EU uitgevaardigd, een aanbeveling met minimale waarden voor blootstelling aan EMF, gebaseerd op de zogenaamde 'basic restrictions' in de ICNIRP guidelines van 1998, 2010 en 2018.

ICNIRP is de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, een onafhankelijke organisatie die onderzoek doet naar de impact van elektromagnetische straling tussen 100kHz en 300GHz. Hier vallen ook de vormen van EMF die al langer in gebruik en bekend zijn, zoals de verschillende WiFi-standaarden (a/b/g/n/u/ac), communicatie en audio-/videoprotocolen zoals DECT, C-2000, DAB, DVB-x, maar ook infrarood en ultraviolette straling (UV).



EU-aanbevelingen zijn niet bindend en het EMF-beleid laat binnen Europa in drie verschillende benaderingen zien. De eerste groep van EU-landen heeft de aanbeveling vertaald naar bindend nationaal beleid. De tweede groep hanteert de ICNIRP-limieten, maar deze zijn niet bindend en er is geen formele regelgeving over vastgesteld. Een derde groep met landen hanteert scherpere limieten en restricties dan de EU-aanbeveling.

Ten aanzien van het WHO-uitgangspunt '*health in all policies*' wordt in verschillende onderzoeken geadviseerd bij de ontwikkeling van communicatienetwerken actieve samenwerking te zoeken met instituten die zich richten op een gezonde omgeving. Onder meer door een herziening van de huidige limieten voor blootstelling aan EMF, gericht op het reduceren van het risiconiveau voor bevolking.



[Ref: WHO, Health in all policies. 2014]

[Ref: ICNIRP Guidelines up to 300 GHz, EU besluit 2016]

[Ref: RIVM, Comparison of international policies on EMF, 2018]

5.3.2 Nationaal

Nederland maakt in haar nationale EMF-beleid onderdeel van de tweede groep. De Nederlandse normen zijn vastgelegd in het Nationaal Antennebeleid en het Antenneconvenant. In het Actieplan Digitale Connectiviteit stelt het ministerie voor om de ICNIRP-blootstellingslimieten wettelijk vast te leggen in de Telecommunicatiewet. Daarnaast loopt het bestaande antenneconvenant in 2019 af en zijn de gesprekken gestart over hoe antennes voor 5G hierin kunnen worden meegenomen. De belangrijkste afweging voor gemeentes bij het invullen van het convenant is de balans tussen goede dekking voor iedereen versus ruimtelijke inpassing.

Een onafhankelijke Gezondheidsraad adviseert de regering daarnaast gevraagd en ongevraagd over gezondheidsvraagstukken. De Gezondheidsraad geeft aan dat er geen gevaar voor de volksgezondheid is, zolang de veiligheidsnormen die door ICNIPR zijn vastgesteld, gehanteerd worden. De Gezondheidsraad houdt in de gaten of nieuwe wetenschappelijke inzichten tot een ander advies leiden en daarmee mogelijk aanleiding geven tot aanpassing van het beleid. Zolang de Gezondheidsraad aangeeft dat de stand van de wetenschap geen aanleiding geeft om het beleid aan te passen, hanteert Nederland de huidige veiligheidsnormen. De signalen van alle antennes voor mobiele communicatie moeten nu, en straks met 5G, voldoen aan deze blootstellingslimieten. Deze ICNIRP-limieten bevatten een ruime veiligheidsmarge zodat ook rekening gehouden wordt met ouderen, kinderen en mensen met een zwakke gezondheid.

In Nederland het Kennisplatform Elektromagnetische Velden en Gezondheid actief. Dit is een samenwerkingsverband tussen RIVM, TNO, DNV GL Group, Gemeentelijke Gezondheidsdienst (GDD) en Geneeskundige Hulpverleningsorganisatie in de Regio (GHOR), het Agentschap Telecom, ZonMW en Milieu Centraal. Het kennisplatform EMV maakt wetenschappelijke kennis over elektromagnetische velden begrijpelijk en biedt op diverse onderwerpen een uitgebreid overzicht aan vragen en antwoorden.



[Ref: [Rijksoverheid](#) over elektromagnetische velden]

[Ref: [Kennisplatform](#) elektromagnetische velden en gezondheid]

[Ref: Toward 5G, Potential Health Effects, 2018]

[Ref: WHO Fact sheet 193, EMF & public health 2014]

[Ref: Comparison of international policies on EMF, RIVM, 2018]

6 Toekomstperspectief

6.1 Ambitie

Apeldoorn wil een stad zijn die macro economische ontwikkelingen kan opvangen door intensieve samenwerking met regio en regiopartners. Een stad die klaar is voor een toekomst, met een gevarieerde en moderne arbeidsmarkt, die maximaal inzet op duurzaamheid en circulariteit en waar bedrijven en instellingen zich graag vestigen. Door iedereen een kans te bieden om actief mee te doen.

Als voorzitter van de G40 voor Smart Cities is het voor Apeldoorn van belang om ook in de realisatie van nieuw initiatieven een stimulerende voortrekkersrol te spelen. Saxion Hogescholen definieert Smart Cities als “Steden waar gemeente, inwoners, bedrijven en kennisinstellingen gezamenlijk **technologie & data** inzetten in combinatie met **traditionele infrastructuur** om **beter bes beslissingen** te nemen en een **hogere kwaliteit van leven** te bereiken.” Dit sluit naadloos aan op de regionale ambitie van de gemeente Apeldoorn, waarin technologie, samenwerking en cross-sectorale vernieuwing de mogelijkheden biedt om deze hogere kwaliteit van leven te realiseren.

Het faciliteren van 5G functionaliteit is een belangrijk stap om deze ambitie te realiseren. Het legt de basis voor het realiseren van samenwerkingsmogelijkheden tussen overheid, bedrijfsleven en regionale onderwijs- en onderzoeksinstituten.

[Ref: Uitvoeringsagenda Economie Apeldoorn 2017-2022]

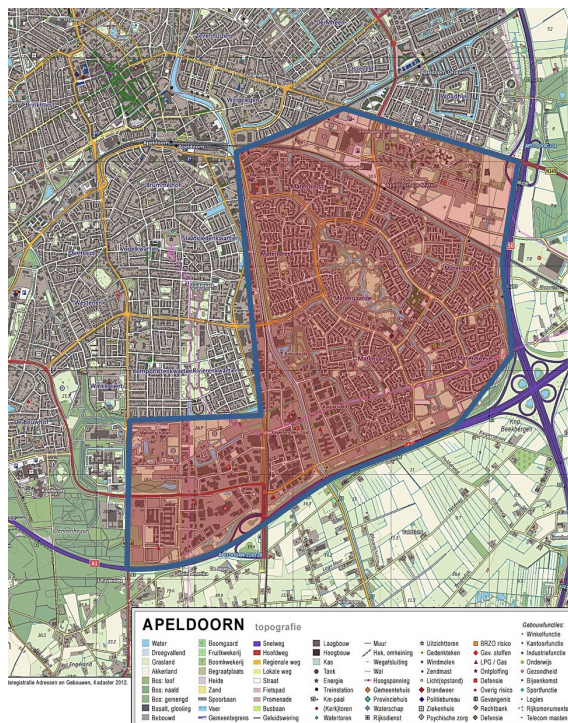
[Ref: G40 stedenennetwerk: Krachtige Steden krachtige regio's, 2017]

6.2 Scenario's

De intentieverklaring met RadioLED GmbH, beoogt het faciliteren van 5G functionaliteit in stedelijk gebied. Dit biedt Apeldoorn de mogelijkheid om niet alleen cross-sectorale innovatie te stimuleren, maar ook de inpasbaarheid voor thuisgebruik (domestiek gebruik) te realiseren.

Een voorbeeld scenario kan zijn een gebiedsgerichte samenwerking in Apeldoorn-Zuidoost, waar de A1 en de A50 kruisen. Stadswijk De Maten staat hierin centraal, een bloemkoolwijk met ruim 27.000 inwoners. Aan de westkant van deze wijk is het voormalig FissionParc gevestigd, met daarin een diversiteit aan organisaties om zakelijke toepassingen met en voor te realiseren.

De noordzijde van de wijk bevat het terrein van s'Heerenloo. Een zorginstelling waar het onderzoeken van innovatie mogelijkheden al dagelijks onderwerp is. Hier worden plannen gevormd een Huis van de Toekomst, die op het terrein van s'Heerenloo wordt gelokaliseerd en in samenwerking met onderwijsinstellingen ROC Aventus en Saxion vorm gaat krijgen. De mogelijkheden om hier de technologie, ICT en maakindustrie in de regio bij te betrekken biedt de mogelijkheid om concrete 5G praktijkcases te ontwikkelen op directe toepasbaarheid. Maatschappelijke impact, economische waarde, kennisontwikkeling en research faciliteiten bieden versneller van mogelijkheden en toepasbaarheid.



Er zijn verschillende geografische scenario's mogelijk. Een goede selectie van deelnemende organisaties, mogelijke schaalgrootte en burgerparticipatie zijn bepalend voor het ontwikkelen van gezamenlijk fieldlab. Voor de drie geïdentificeerde scenario's wordt verwezen naar bijlage A.

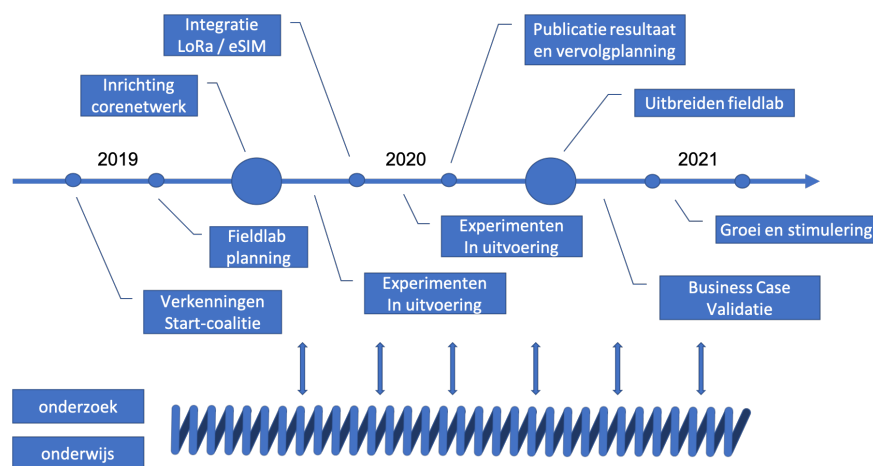
6.3 Routekaart 2019-2021

De gebruiksscenario's van 5G zijn in beeld, de basis voor het experimentele werkveld wordt in 2019 gelegd en de ontwikkeling van concrete oplossingen met een businesscase die voor alle betrokkenen waarde toevoegt is de volgende stap. Hiervoor is het noodzakelijk om de spelers in het economische speelveld van Apeldoorn regio bij elkaar te brengen, op relevante thema's de challenges vast te stellen die om uitwerking vragen en concrete projecten vast te pakken om deze te realiseren. Een routekaart voor Regionale Innovatie.

Het is belangrijk de volgende uitgangspunten voor regionale innovatie toe te passen:

- Regionale stimulering en verbinding van initiatieven
- Sectorale cross-overs stimuleren
- Mogelijke barrières wegnemen
- Inzetten op effectieve triple helix
- Governance/juridische structuur

Dit vraagt om samenwerken, samen standaarden neerzetten en scherpe gezamenlijke ambitie formuleren. Hiervoor kan een kopgroep van bedrijven worden samengesteld, die met elkaar de strategie en richting van ontwikkeling vormgeven. Door het realiseren van kleinschalige oplossingen, die in potentie kunnen uitgroeien (schaalbaarheid) en als basis kunnen dienen voor andere initiatieven (herhaalbaarheid), wordt een fieldlab ingericht waar andere organisaties op hun eigen tijd kunnen aansluiten.



De verkennende fase van de start-coalitie vindt plaats in 2019, zodat de eerste plannen voor een fieldlab inrichting bekend zijn als het core-netwerk wordt gelanceerd. De experimenten die door de start-coalitie zijn uitgewerkt, worden in 2020 concreet uitgewerkt, ontwikkeld, uitgerold en getest op maatschappelijk of economische bruikbaarheid, schaalbaarheid en herhaalbaarheid.

Op basis van de bevindingen kan het fieldlab worden uitgebreid en vindt het proces van business case validatie plaats voor ieder experiment. Daardoor wordt het mogelijk de regio te stimuleren aan te sluiten en de ontwikkeling van nieuwe producten, diensten en innovaties gezamenlijk vorm te geven.

Belangrijk hierin is de rol van onderwijs en onderzoek. Zowel in het uitwerken van mogelijke innovatie (hackathons, creathons, challenges) als in het validatieproces (wetenschappelijke validatie). Dit is een continu proces dat parallel aan de uitvoeringsagenda plaats vindt. Met de aanwezigheid van ROC Aventus en Saxion kan onderwijs en onderzoek direct worden betrokken, maar ook de betrokkenheid van Universiteit Twente of andere regionale spelers kan hierin worden gestimuleerd.

2019 kan als voorbereidend jaar worden beschouwd. Door middel van evenementen en werksessies, kan in samenwerking met partijen die daadwerkelijk bereid zijn tijd, energie en middelen te investeren in regionale innovatie, een succesvolle start in 2020 worden vormgegeven.

6.4 Conclusies en aanbevelingen

Conclusies

5G is een technologie die bestaande en nieuwe communicatietechnologie verbindt. Het is wereldwijd in ontwikkeling en op diverse terreinen wordt geëxperimenteerd in fieldlabs en regionale initiatieven. Azië en de VS hebben een duidelijke voorsprong op dit terrein, die Europa niet zal kunnen inhalen. Europa zal zich moeten onderscheiden door haar innovatiekracht op het toepassingsgebied te laten zien. Nederland behoort tot de top van innovatieve landen en staat na Zwitserland op positie 2 in de Global Innovation Index 2018.

In de uitvoeringsagenda Economie Apeldoorn nemen duurzaamheid en een innovatief klimaat een belangrijke positie in. Verschillende platformen fungeren voor innovatie in een makelaarsfunctie voor het verbinden van ideeën, projecten en initiatieven, die de economische kracht van stad en regio versterken. Daarin is de technologiesector goed vertegenwoordigd, evenals sectoren waarin de technologie van de toekomst daadwerkelijk verschil kan en moet maken. De condities voor Apeldoorn om in Nederland een koploperspositie in te nemen rond innovatieve technologische toepassing met sociale impact zijn dan ook ruim voldoende aanwezig.

Ondanks dat de onderliggende technologie van 5G nog in ontwikkeling is, liggen er voldoende cross sectorale mogelijkheden om op deze ontwikkeling aan te sluiten en gefaseerd en in samenwerking invulling te geven aan een innovatieagenda voor de regio. De voorgenomen inrichting van een core-netwerk en de geografische positionering van fieldlab initiatieven in Apeldoorn Zuid-Oost, bieden een uitgelezen kans om concreet zichtbaarheid te geven aan toegepaste technologische innovatie. De business case die hieruit voortkomt rechtvaardigt aansluitend de potentiële investeringen die gemoeid zijn met de 5G infrastructuur. Dit versterkt de aantrekkelijkheid van de regio voor bovenregionale investeerders, instellingen voor onderzoek en onderwijs en nieuwe bedrijvigheid.

Aanbevelingen

Digitale connectiviteit is een randvoorwaarde voor een digitale economie. Het Nationale Actieplan voor Digitale Connectiviteit voorziet nieuwe toepassingen in allerlei domeinen (zoals gezondheid, logistiek en industrie). Deze domeinen zijn in de regio Apeldoorn goed vertegenwoordigd. Het organiseren van een start-coalitie voor het inrichten van de eerste fieldlabs en testbeds in en rond Apeldoorn is aan te bevelen.

Ontwikkelen van initiatieven door een samenwerkingsverband dat bereid is tijd en middelen te investeren om innovatie met sociaal en economische impact ook daadwerkelijk te realiseren. Niet elke organisatie heeft de mogelijkheden om hier in de startfase een bijdrage aan te leveren, maar een toenemend speelveld met mogelijkheden verbreedt in latere fasen de mogelijkheid om op specifieke gebieden aan te sluiten en mee te werken. De uitwerking van de roadmap in een regionale digitale innovatie agenda kan deze samenwerking stimuleren en faciliteren.

Het verbinden van bestaande initiatieven ligt hierbij voor de hand. Denk hierbij aan organisaties betrokken bij Smart Cities en Smart Industries initiatieven in de regio, maar ook concrete ideeën als het 'huis van de toekomst'. Het verbinden van de sectoren zorg, technologie, onderwijs en verzekeraars, vanuit de leidende spelers in de markt of de bestaande samenwerkingsplatformen. Draagvlak en draagkracht combineren bij de eerste initiatieven, brengt niet alleen zichtbaar resultaat dichtbij, maar versnelt eveneens de mogelijkheid voor kleinere regionale en lokale ondernemers om aan te sluiten en hun expertise in te brengen.

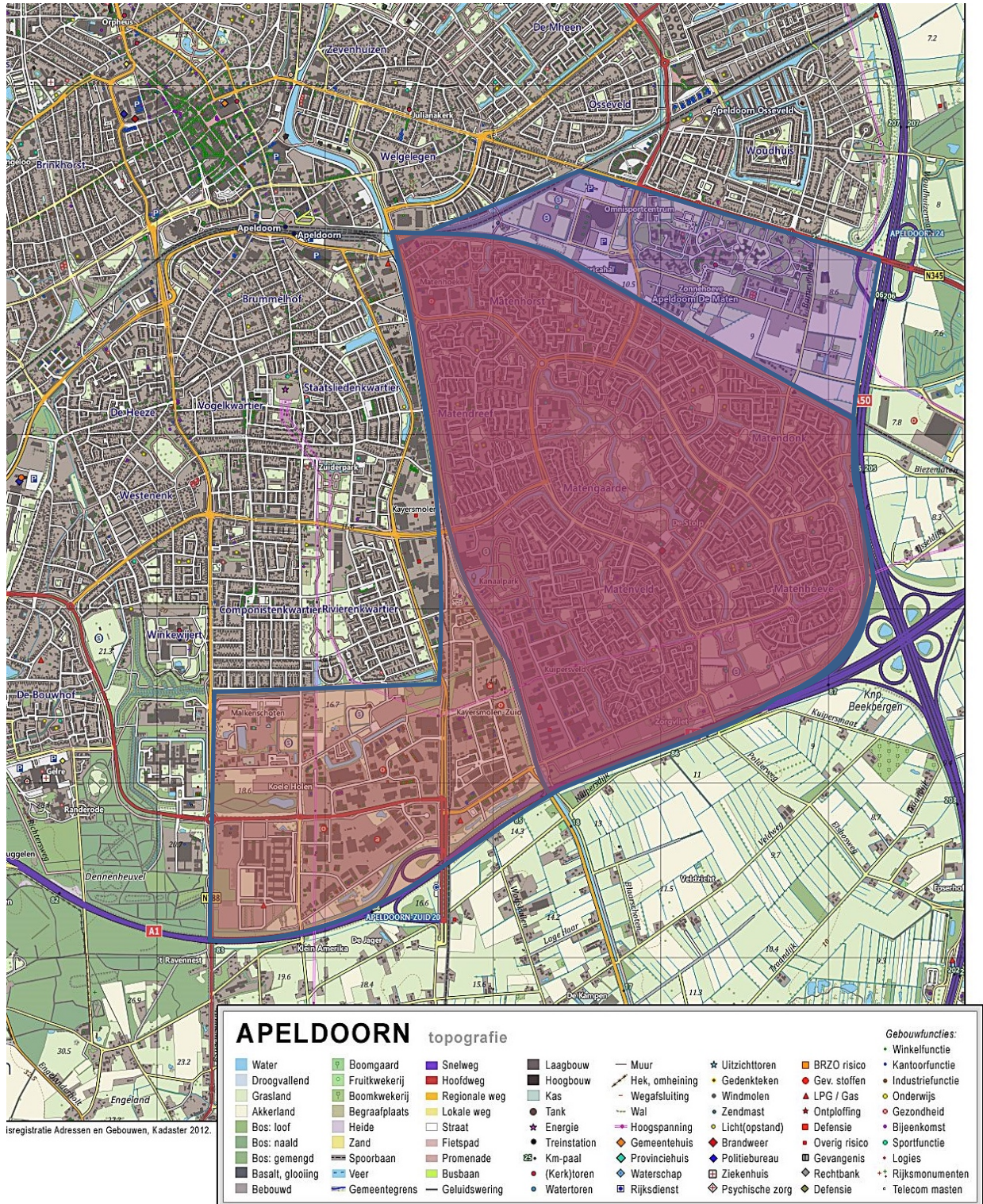
Innovatie op grote schaal ontstaat nooit vanzelf. Het vraagt om de juiste condities, betrokkenheid op het juiste besluit- en beleidsvormende niveau en een gemeenschappelijk visie om de juiste richting te bepalen en bij te stellen waar dat nodig is. Bijvoorbeeld door het inrichten van een taskforce Digitale Innovatie, die maatschappelijk en economisch belang duurzaam en wendbaar voorziet van kaders en een stimulerend toekomstperspectief waar ondernemers en maatschappij zich aan kunnen verbinden.

BIJLAGE A: Stedelijk 5G uitrol scenario's

Voorbeeld van gebiedsgerichte aanpak in Apeldoorn

Legenda

Rood	Niet industrieel gebied
Blauw	Uitbreiding naar zorg toepassingen
Oranje	Uitbreiding naar industrieel en zakelijke toepassing





BIJLAGE B: Roadmap 2019-2021

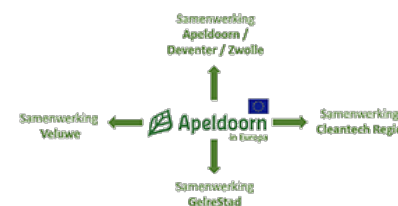
PM.

Parallel aan de uitvoeringskalender wordt rekening gehouden met stakeholdermanagement, heldere en doelgroepgerichte communicatie en aansluiting op wet- en regelgeving. Hiervoor kan een toezichthoudend orgaan worden ingericht, waarin vertegenwoordiging van overheid, bedrijfsleven en onderwijs en onderzoek in zijn opgenomen (Quad Helix).

BIJLAGE C: Apeldoorn in de Regio

De gemeente Apeldoorn kent verschillende vormen van samenwerking waarmee zij zich op Europees niveau positioneert:

- Cleantech Regio
- Samenwerking ADZ (Apeldoorn-Deventer-Zwolle)
- Samenwerking Veluwe
- Samenwerking GelreStad



De Cleantech profilering sluit naadloos aan bij de Europese 2020-strategie van slimme, duurzame en inclusieve groei. Het inzetten van de Cleantech tafel Smart Industries (innovatiekracht) om de regionale verbinding op het 5G fieldlab te stimuleren, biedt Apeldoorn een belangrijke kans om op (boven-) regionaal niveau een leidende rol te nemen in het ontwikkelen van duurzame digitale innovatie.

Daarnaast is ook de Regio Stedendriehoek een belangrijke samenwerking om omliggende gemeenten te betrekken bij het realiseren van innovatie met 5G als drager. Het samenwerkingslandschap omvat onder meer Epe, Brummen, Voorst, Zutphen, Lochem, Deventer, Hattem, Olst-Wijhe en Heerde.

Apeldoorn voelt zich als grootste stad in de regio verantwoordelijk voor kwetsbare taken op het gebied van zorg, welzijn, veiligheid, werkgelegenheid en inkomen. Op dit gebied wordt op diverse manieren samengewerkt met onder meer de Felua-groep, het regionaal UWV Werkbedrijf, de GGD, Basismobiliteit, Passend onderwijs, RMC-regio's, Zorgkantorregio, Veilig Thuis NOG, G6 bovenregionale inkoop jeugd, Jeugdregio, WMO, de Veiligheidskamer Apeldoorn e.o., Veiligheidsregio Noord- en Oost-Gelderland en de omgevingsdienst Veluwe.

Daarnaast zijn er nog diverse georganiseerde vormen van samenwerking rond innovatie, investeringen en digitale of sociale transformatie, waaronder

- Apeldoorn IT
- CoE voor Sociale en Technologische Innovatie
- Oost NV
- OP-Oost
- BOOST (Smart Industry Oost Nederland)



De gemeente Apeldoorn stimuleert de strategische, tactische en operationele samenwerking. Dit kan zijn door het institutionaliseren van samenwerking, wanneer een congruente van beleid en uitvoering noodzakelijk is. Veelal zal de gemeente echter optreden vanuit partnerschap, waarin flexibiliteit en kwaliteit voorop staan.

Drie grondhoudingen

 Institutionaliseren	 Geziena partner	 Eigen kracht
Voordelen 1. Minder bestuurlijke drukte 2. Congruentie 3. Efficiënte winst 4. Democratische legitimiteit verbetert 5. Consistentie in het handelen	Voordelen 1. Kwaliteit staat voorop 2. Flexibel landschap 3. Biedt ruimte aan deelname ondernemers en onderwijsinstellingen 4. Uit stappen gemakkelijk, mits goed vastgelegd	Voordelen 1. Apeldoornse belang staat voorop 2. Goede democratische legitimiteit 3. Consistentie in handelen 4. Partners profiteren van onze kwaliteiten

Het uitvoering geven aan samenwerking die voortkomt uit wettelijke verplichting of waar het economische voordeel beperkt is, maar de maatschappelijke impact groot, kan worden gekozen voor een uitvoeringsagenda op eigen kracht.

In de regionale samenwerking rond 5G ligt de rol van faciliterende partner voor de hand. Infrastructuur raakt het publieke domein, vraagt om investeringen die ondernemers zelf niet kunnen dragen, maar waar zij wel de economische ontwikkelingen op gaan bouwen.

BIJLAGE D: Overzicht van bekende en grote werkgevers in Apeldoorn

ZORG

Gelre Ziekenhuizen Locatie Apeldoorn
 Vérián Thuiszorg
 Stichting Zorggroep Apeldoorn
 's Heeren Loo Midden Nederland
 Atlant Wonen Zorg Welzijn
 Centrum Voor Geestelijke Gezondheidszorg
 TSN-Thuiszorg Apeldoorn
 Stichting Pluyn
 Stichting De Passerel
 ViaReva, revalidatiegeneeskunde
 Zorggarant Thuiszorg
 Riwis Zorg & Welzijn

TECHNOLOGIE EN IT

Belastingdienst B/CAO
 Belastingdienst B/CIE
 KPN Corporate Market
 PinkRocade Healthcare
 Kadaster
 SAAB Technologies
 CapGemini
 Wegener
 Thinkwise software
 Divitel
 Be Informed
 Ordina
 Hollander Techniek
 le Blanc Advies
 Macaw

VRIJE TIJD

Stichting Apenheul
 Van der Valk De Cantharel Apeldoorn B.V.
 Stg. Paleis Het Loo, Nationaal Museum
 McDonalds (vestigingen zuid-noord-centrum)
 Julianatoren
 Landal (Heideheuvel, Miggelenberg, Rabbit Hill)
 EHP Hotels – Princess hotel collection
 CODA (museum + bibliotheek)
 Bungalowpark Hoenderloo
 Schouwburg en Congressentrum Orpheus N.V.
 SOS Sport en Events B.V.
 Bilderberghotel de Keizerskroon B.V.
 Het Lierderholt B.V.
 Veluws Hof Recra C.V.
 Hotel Oranjeoord Exploitatie B.V./Hotelgroep
 Charme Hotels
 Café de paris V.O.F.
 Vue Bioscoop
 Nationaal Park De Hoge Veluwe
 Kröller Müller
 ACCRES
 Veluwsche Stoomtrein Maatschappij

MAAKINDUSTRIE

Remeha Fabrieken B.V.
 BDR Thermea Group B.V.
 Hamer B.V.
 Hollander Techniek B.V.
 Accell/ Sparta B.V.
 AFP Holland
 KIWA Technology / Gastec
 Solidpack B.V.
 Koninklijke Talens B.V.
 VDL Weweler B.V. & VDL Weweler Parts B.V.
 I.T.S. B.V.
 Owens Corning Veil Netherlands B.V.
 Bredenoord Aggregaten B.V. & Bredenoord
 Aggregaten Verhuur B.V.
 Avantès BV

TRANSPORT & LOGISTIEK

Sandd Holding Maatschappij B.V.
 Hanos B.V.
 Moduslink B.V.
 THR B.V.
 Transportbedrijf Thomassen B.V.
 Huisman Transport B.V.
 Grolleman Cold Store B.V.
 SILS
 Futurumshop
 Breustedt Chemie

OVERIG

Centraal Beheer Achmea
 Politieacademie
 Dienst v.h. Kadaster, Openb. Register & Concernstaf
 Belastingdienst Centrale Administratie
 CSU
 P&B Call B.V.
 Waterschap Vallei en Veluwe
 Liander Infra Oost
 DROS schoonmaakdiensten B.V.
 Mobilis B.V.
 ARCADIS Nederland
 CoE voor Sociale en Technologische Innovatie

BIJLAGE E: FREQUENTIESPECTRUM

Overzicht van het radiofrequentiespectrum (bron: wikipedia)

Naam band	Afkorting	ITU-band	Frequentie Golflengte	Toepassingen
			< 3 Hz > 100.000 km	
Extremely low frequency	ELF	1	3-30 Hz 100.000 km - 10.000 km	
Super low frequency	SLF	2	30-300 Hz 10.000 km - 1000 km	Communicatie met onderzeeboten
Ultra low frequency	ULF	3	300-3000 Hz 1000 km - 100 km	
Very low frequency	VLF	4	3-30 kHz 100 km - 10 km	Militaire communicatie, communicatie met onderzeeboten, navigatie, tijdssignalen, draadloze hartslagmonitors
Low frequency (Lange golf)	LF	5	30-300 kHz 10 km - 1 km	Navigatie, tijdssignalen, AM- langegolffuitzendingen , amateurradio
Medium frequency (Middengolf)	MF	6	300-3000 kHz 1 km - 100 meter	Navigatie, AM- middengolffuitzendingen , amateurradio, maritieme communicatie
High frequency (Korte golf)	HF	7	3-30 MHz 100 m - 10 m	AM- kortegolffuitzendingen , amateurradio, luchtvaart, maritieme en militaire communicatie
Very high frequency	VHF	8	30-300 MHz 10 m - 1 m	FM -radio- en televisie -uitzendingen, communicatie en navigatie luchtvaart, amateurradio,
Ultra high frequency	UHF	9	300-3000 MHz 1 m - 100 mm	Televisie -uitzendingen, mobiele telefoons , 802.11 draadloze netwerken, Bluetooth , magnetrons
Super high frequency	SHF	10	3-30 GHz 100 mm - 10 mm	mobiele telefoons (UMTS), 802.11 draadloze netwerken, RC apparaten (portofoons, speelgoedauto's), radar
Extremely high frequency	EHF	11	30-300 GHz 10 mm - 1 mm	Radioastronomie Securityscan
			> 300 GHz < 1 mm	

BIJLAGE F: Capaciteit en de 3,5GHz band

