

# Leefmilieu Brussel



## Verslag van het comité van deskundigen inzake niet-ioniserende straling 2019-2020

Voorzitster: Beauvois, V.

Leden: Aerts, G. - Le Dréan, Y. - Erzeel, D. - Lagroye, I. - Pollin, S. - Rolain, Y. - Selmaoui, B.

Het comité dankt onze collega professor Walter Hecq voor al zijn bijdragen aan onze vergaderingen en publicaties. Met grote droefheid hebben we vernomen dat hij in september jongstleden overleden is. Onze gedachten zijn bij de familie en dierbaren.

# Inhoudsopgave

|       |                                                                                                      |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Evaluatie van de toepassing van de ordonnantie .....                                                 | 4  |
| 1.1   | Algemene toepassing van de technische aspecten van de ordonnantie .....                              | 4  |
| 1.1.1 | Algemene situatie van het meetprotocol.....                                                          | 4  |
| 1.1.2 | Uitvoeren van de metingen in het meetprotocol .....                                                  | 4  |
| 1.1.3 | De interpretatie en de verwerking van de meetresultaten .....                                        | 4  |
| 1.1.4 | Gebruik van de simulator voor de voorspelling op de buitenschil van gebouwen .....                   | 5  |
| 1.1.5 | Gebruik van de simulator voor de voorspelling van indoor metingen.....                               | 5  |
| 1.1.6 | Het bepalen van foutenbanden voor de metingen .....                                                  | 6  |
| 1.1.7 | Het bepalen van foutenbanden voor de simulaties .....                                                | 6  |
| 1.1.8 | Validatie van de simulaties met metingen .....                                                       | 7  |
| 1.2   | Inspanningen om informatie te verspreiden onder het publiek.....                                     | 7  |
| 1.3   | Uitdagingen voor het realiseren van de metingen in een 5G context .....                              | 7  |
| 1.3.1 | Invloed van spatiale en temporale diversiteit in 5G .....                                            | 7  |
| 1.4   | Algemeen besluit van technische meetprotocol.....                                                    | 10 |
| 2     | 5G technologie en gevolgen voor straling.....                                                        | 11 |
| 2.1   | Evolutie van de ordonnantie i.v.m. de stralingsnormen voor het Brusselse Hoofdstedelijke Gewest..... | 11 |
| 2.2   | Groei van mobiele data capaciteit en de invloed op straling en normen .....                          | 12 |
| 2.2.1 | Verwachte groei Mobiele Data .....                                                                   | 12 |
| 2.2.2 | Capaciteit van een netwerk.....                                                                      | 14 |
| 2.2.3 | Capaciteitswinst door vervangen 2G/3G .....                                                          | 15 |
| 2.2.4 | 5G capaciteit en straling.....                                                                       | 16 |
| 2.3   | Besluit.....                                                                                         | 18 |
| 3     | Gevolgen voor de gezondheid.....                                                                     | 19 |
| 3.1   | Inleiding .....                                                                                      | 19 |
| 3.2   | Stand van de wetenschap .....                                                                        | 21 |
| 3.2.1 | Frequenties rond 3,5 GHz.....                                                                        | 21 |
| 3.2.2 | Frequenties van 6 tot 30 GHz.....                                                                    | 22 |
| 3.2.3 | Millimeterfrequenties tussen 30 GHz en 70 GHz .....                                                  | 23 |
| 3.3   | Conclusies .....                                                                                     | 25 |
| 3.4   | Références .....                                                                                     | 27 |
| 4     | Specifieke economische gevolgen.....                                                                 | 30 |
| 4.1   | Macro-economische aspecten .....                                                                     | 30 |

|       |                                                                                                                                                            |    |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.1 | Introductie.....                                                                                                                                           | 30 |
| 4.1.2 | COVID 19.....                                                                                                                                              | 30 |
| 4.1.3 | Wereldwijde en Europese markten voor de 5G-mobiele sector: het verwachte aantal mobiele abonnementen en mobiel verkeer - Test- en implementatiefasen ..... | 31 |
| 4.1.4 | Groeimotor .....                                                                                                                                           | 34 |
| 4.1.5 | Status van 5G.....                                                                                                                                         | 37 |
| 4.1.6 | Werkgelegenheid .....                                                                                                                                      | 38 |
| 4.1.7 | Belemmeringen. ....                                                                                                                                        | 38 |
| 4.2   | Micro-economische aspecten .....                                                                                                                           | 42 |
| 4.2.1 | Situering mobiele telecomsector in België.....                                                                                                             | 42 |
| 4.2.2 | Rechtstreekse en onrechtstreekse bijdrage aan de economische ontwikkeling van de Belgische digitale sector en bijdrage aan de reactie .....                | 46 |
| 4.2.3 | Economische situatie van de telecomsector in het BHG.....                                                                                                  | 49 |
| 4.3   | Bibliografie.....                                                                                                                                          | 51 |
| 5     | Algemene conclusie.....                                                                                                                                    | 52 |
| 6     | Bijlage: Betaalde vergoeding per lid in 2020.....                                                                                                          | 55 |
| 7     | Betaalde vergoeding per lid in 2019.....                                                                                                                   | 55 |

# 1 Evaluatie van de toepassing van de ordonnantie

## 1.1 Algemene toepassing van de technische aspecten van de ordonnantie

### 1.1.1 Algemene situatie van het meetprotocol

We onderscheiden twee soorten metingen in deze context, de validatiemetingen en de inspectiemetingen. Het doel van deze metingen is verschillend:

- De validatiemetingen dienen om de resultaten van de simulatiesoftware te valideren door ze te vergelijken met de simulaties. Dit onderdeel van het meetprotocol is gedurende het laatste jaar grondig uitgewerkt en aangepast. Het doel hier is om de effectieve en gesimuleerde veldsterkte te vergelijken. Dit gebeurt zowel binnen als buiten de gebouwen.
- De inspectiemetingen dienen om het naleven van de norm na te gaan. Het protocol werd aangepast aan de 4G aspecten. De metingen worden hier gebruikt om de maximale veldsterkte te bepalen binnen en buiten de gebouwen.

Het meetprotocol dat voor inspectie wordt gebruikt binnen de gebouwen werd ook voorgesteld aan het comité. Het comité gaat akkoord met het gebruikte protocol, en besluit dat de procedures nauwgezet en traceerbaar worden uitgevoerd.

### 1.1.2 Uitvoeren van de metingen in het meetprotocol

#### 1.1.2.1 Outdoor metingen

Het comité ging in het vorig rapport akkoord met deze procedure, en dit akkoord blijft bewaard.

#### 1.1.2.2 Indoor metingen

Het comité gaat akkoord met de procedure die wordt gebruikt voor de indoor metingen

#### 1.1.2.3 Besluit

Het comité merkt op dat LB rekening heeft gehouden met de suggestie van het vorige rapport.

### 1.1.3 De interpretatie en de verwerking van de meetresultaten

Er zijn geen noemenswaardige veranderingen in het protocol. Het comité gaat akkoord met het meetprotocol en de verwerking van de resultaten voor de metingen.

## 1.1.4 Gebruik van de simulator voor de voorspelling op de buitenschil van gebouwen

De constructeur van de simulator bevestigt dat de veldberekeningen geldig blijven boven het grondniveau, en dat de illuminatie van de buitenschil van de gebouwen correct wordt gesimuleerd.

- **BESLUIT:** Het comité oordeelt dat de software kan gebruikt worden om de illuminatie van de buitenschil van gebouwen te voorspellen.

## 1.1.5 Gebruik van de simulator voor de voorspelling van indoor metingen

Veldsimulaties worden door de simulator berekend tot op de buitenschil van de gebouwen. De simulator laat niet toe om de resultaten uit te breiden naar de voorspelling van de indoor straling in gebouwen. Deze uitbreiding wordt momenteel bekomen met een empirische procedure, die door LB werd uitgelegd aan het comité.

Om de resultaten binnenshuis te bekomen kan de simulator niet worden gebruikt. Om toch een voorspelling te bekomen kan er gebruik gemaakt worden van een aantal veel voorkomende scenario's zoals reeds werd aangeduid in het vorige rapport.

LB heeft met een aantal nieuwe meetcampagnes in 2018 verder aangetoond dat er een correlatie bestaat tussen de resultaten bekomen voor de simulatie en de controlemetingen. De resultaten tonen aan dat er een duidelijke correlatie bestaat tussen de metingen en de simulaties die worden bekomen door het Mithra-REM pakket. De analyse toont aan dat er met het simulatiepakket een lichte overschatting van de veldsterkte wordt bekomen. Vermits dit een conservatieve schatting meebrengt, is dit zeker in het voordeel van de bevolking.

Een gemiddelde verzwakking van 5 dB werd bekomen voor de indoor metingen. Deze waarde is in overeenstemming met het materiaal waaruit de ramen zijn opgebouwd, en is dus weerom een positief resultaat<sup>1</sup>. Het plan is om de studie verder te zetten om de resultaten statistisch relevant te maken en de eventueel resterende problemen op te sporen. De resultaten van deze campagnes moeten toelaten de veel voorkomende scenario's te identificeren en moeten toelaten om het aantal nodige configuraties in te schatten.

---

<sup>1</sup> Bijlage 1 van het vorige rapport

- **BESLUIT:** het comité gaat akkoord met het gebruik van de huidige procedure om de simulaties uit te breiden naar indoor voorspellingen. Deze procedure werd verfijnd, en de huidige resultaten lijken aan te tonen dat het gebruik van een gemiddelde verzwakking de veldsterkte op een gepaste manier kan voorspellen. De specifieke geometrie en setup van de indoor testlocatie lijken slechts in tweede orde bij te dragen.
- **SUGGESTIE:** Het comité juicht het verderzetten van de huidige meetcampagne toe. Het resultaat van deze bijkomende studie zal de statistische relevantie van het gebruik van een gemiddelde verzwakking analyseren. Wordt deze relevantie aangetoond, dan kan in de grote meerderheid van gevallen een valideerbare postprocessing worden bekomen.

### 1.1.6 Het bepalen van foutenbanden voor de metingen

Er zijn geen noemenswaardige wijzingen gemeld voor de bepaling van de onzekerheidsgrenzen voor de metingen. De kalibratie wordt nog verder uitgebreid, wat de bepaling van foutenbanden en nauwkeurighedsbanden in de toekomst verder zal verbeteren.

De ordonnantie voorziet geen gebruik van de foutgrenzen als resultaat van de controle van de installaties. De huidige methodologie die de gemiddelde metingen als meetresultaat aanbiedt voldoet dus aan de ordonnantie.

### 1.1.7 Het bepalen van foutenbanden voor de simulaties

Er zijn geen noemenswaardige veranderingen in de situatie gemeld voor de kwantificatie van de fouten op de software zelf.

Wel heeft de eerder aangehaalde nauwkeurighedsstudie voor de belichting van de buitenschil van de gebouwen nu toegelaten om de simulatie te valideren met reële metingen. Aan de hand van de huidige beschikbare metingen kunnen we verwachten dat de simulatie voldoende nauwkeurig is. Dit wordt bevestigd door het rapport van LB, waar het oorsprong van sommige outliers tussen metingen en simulaties werd geïdentificeerd en zal gebruikt kunnen worden om simulaties te verbeteren.

**BESLUIT:** Het comité is van oordeel dat het pakket voldoet aan de gestelde eisen voor metingen buiten de gebouwen en op de buitenschil van de gebouwen in een verstedelijkte omgeving zoals het geval is in het Brussels gewest. De eerder besproken metingen voor de validatie van de simulatie tonen aan dat de resultaten van de simulaties binnen een realistische foutenmarge overeenstemmen met de gerealiseerde metingen, wat een sterke validatie van de procedure met zich meebrengt.

LB zou de methodologie van de simulaties moeten veranderen om de oorsprong van de outliers te vermijden. De aanpassing van de methodologie vereist een ontwikkeling van de instrumenten en de berekeningstijd moet realistisch en praktisch blijven. De huidige methode vertoont al goede prestaties.

## 1.1.8 Validatie van de simulaties met metingen

LB heeft het project dat de validatie van de simulaties aan de hand van een testmetingen verdergezet. De resultaten van de studie zijn positief: de overeenkomst tussen metingen en simulaties is zeer goed, en de simulaties kunnen worden gebruikt om de indoor veldsterktes te voorspellen. Alle resultaten zijn statistisch relevant gegeven de grootte van de experimentele data set. Er is dus een significante vooruitgang geboekt.

- **BESLUIT:** Het comité juicht het initiatief van LB, en de goede overeenkomst tussen simulaties en metingen toe. Deze belangrijke stap objectiveert de kalibratie van de simulator met reële metingen. Het comité en de administratie zijn het eens dat het voordeel van deze test is dat de geloofwaardigheid van de voorgestelde aanpak wordt aangetoond. Deze metingen vormen een gezonde basis om voorspellingen van de straling binnenshuis eenvoudig en betrouwbaar te bekomen.

## 1.2 Inspanningen om informatie te verspreiden onder het publiek

Het comité stelt vast dat de administratie een aanzienlijke inspanning heeft geleverd om de verspreiding van informatie over niet-ioniserende straling onder een zo groot mogelijk publiek te verbeteren, zoals het comité in eerdere verslagen had voorgesteld. De administratie heeft ook de werking van het comité toegelicht. Het comité is ervan overtuigd dat deze inspanningen zeer belangrijk zijn om de verspreiding van onvolledige of onjuiste informatie onder het grote publiek te voorkomen. Het comité moedigt de administratie dan ook aan om deze inspanningen voort te zetten.

Suggestie: Het comité meent dat het belang van het actualiseren van informatie over met name 5G de komende maanden nog zal toenemen. Het comité moedigt de administratie daarom aan om de aangeboden informatie uit te breiden, waarbij zoveel mogelijk verifieerbare bronnen worden aangehaald en de inhoud wordt gepresenteerd op een manier die voor zoveel mogelijk mensen toegankelijk is.

## 1.3 Uitdagingen voor het realiseren van de metingen in een 5G context

### 1.3.1 Invloed van spatiale en temporale diversiteit in 5G

#### 1.3.1.1 *Spatiale diversiteit*

Het 5G protocol voorziet het gebruik van massive MIMO, wat op zijn beurt toelaat om adaptieve bundelvorming te voorzien. Hierdoor kan de capaciteit van het datakanaal worden geconcentreerd in de zones die nood hebben aan een grote datatoevoer.

Dit bemoeilijkt de metingen van de veldsterkte significant. De vraag naar een protocol dat een representatieve meting mogelijk maakt, bestaat en wordt momenteel onderzocht. Het experten comité is van oordeel dat deze procedure zich in een te vroeg stadium bevindt om een implementatie toe te laten.

**Suggestie:** Er wordt voorgesteld dat LB de ontwikkelingen rond deze nieuwe meetprocedures goed opvolgt, zodat er tijdig aan de initiële testimplementatie kan gewerkt worden. Hierbij denkt het comité aan documenten zoals het voorstel Technical Report IEC TR 62669:2019<sup>2</sup>, van het Technical Committee TC106.

**Beslissing:** Het comité neemt akte van de inspanningen van LB om de nodige maatregelen voor 5G voor te bereiden. Het comité neemt nota van de door LB voorgestelde aanpak om nieuwe verzwakkingsfactoren specifiek voor 5G vast te stellen.

Om deze coëfficiënten te valideren, is er in september 2020 een meetcampagne uitgevoerd door UGent (IMEC) en in oktober 2020 door LB en UGent. De voorlopige resultaten lijken erop te wijzen dat het inderdaad mogelijk zou zijn om dergelijke coëfficiënten op een statistisch betrouwbare manier te verkrijgen. Het comité moedigt LB aan om door te gaan in de gekozen richting, om zo klaar te zijn voor de controle van een eventueel 5G-netwerk.

**Suggestie:** De hogere spatiale en temporale diversiteit van 5G ten opzichte van 4G zal als gevolg hebben dat de spreiding (en dus ook de onzekerheid) van de metingen sterk zal toenemen. Betrouwbare metingen vereisen een lage spreiding, en deze kan alleen bekomen worden als er bijkomende informatie wordt toegevoegd aan het meetproces om deze diversiteit te beschrijven. De meest evidente manier om die informatie te bekomen is om hiervoor samen te werken met de operatoren zelf. Het lijkt het comité dan ook opportuun om in samenwerking met de operatoren af te spreken welke bijkomende nodige informatie over de werking van de netwerkdelen kan beschikbaar gesteld worden door deze operatoren. Het comité denkt dat het beschikbaar stellen van een goed gedefinieerd, minimaal informatie pakket data enerzijds nodig is om de metingen op een verantwoorde manier te realiseren, en anderzijds ook aanvaardbaar kan zijn voor alle operatoren.<sup>3</sup>

Spatiaal diverse metingen zijn met het huidige instrumentarium van LB niet accuraat meetbaar. Om betrouwbare en realistische metingen te kunnen realiseren, denkt het comité dat er nood zal zijn aan een uitbreiding van het instrumentenpark van LB. Hoewel de specificatie van 5G vast ligt, weten we nog niet in welke scenario's (e.g., grootte van de netwerk cel) 5G zal gebruikt worden in het Brusselse gewest, en de optimale meetstrategie hangt daarvan af. Nochtans zal deze investering in de nabije toekomst zeker nodig zijn.

**Suggestie:** Om de aankoop van nieuwe toestellen niet nodeloos te vertragen, stelt het comité voor om een provisie aan te maken voor deze additionele investering. Gezien de huidige onzekerheid over de praktische implementatie van 5G, kunnen we enkel een grootteorde van budget meegeven. Het

---

<sup>2</sup> IEC TR 62669:2019 - Case studies supporting IEC 62232 - Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure.

<sup>3</sup><https://www.anfr.fr/contrôle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/actualites/actualite/actualites/premiers-pilotes-5g-lanfr-realise-des-mesures-exploratoires/>



comité is van oordeel dat het budget significant hoog zal liggen. Er wordt verwacht dat een investering in de grootteorde van 500 kEuro nodig kan zijn.

#### *1.3.1.2 Temporale en spectrale diversiteit*

Het 5G protocol heeft de modulaties voor het signaal vastgelegd. De nieuwe signalen worden ook temporaal meer divers. Dit brengt twee problemen met zich mee:

- De instrumenten zullen moeten aangepast worden om de nieuwe signaalvormen correct op te meten.
- De totale meettijden (de integratietijden) zullen ook hoogstwaarschijnlijk moeten worden aangepast om deze additionele onzekerheid in rekening te brengen

Deze aspecten worden ontwikkeld in het bovengenoemde technische rapport, IEC TR 62669:2018, maar we moedigen LB aan om de situatie op de voet te volgen om de nodige kennis te verankeren in de meetprotocollen.

Het comité neemt akte van de inspanningen van LB om deel te nemen aan de activiteiten rond 5G in het algemeen en de activiteiten met betrekking tot de meting van het stralingsniveau in het bijzonder.

**Suggestie:** Het comité moedigt LB aan om verder deel te nemen aan de activiteiten (ook aan de normeringsactiviteiten) rond het 5G, en de evoluties zoveel als mogelijk terug te koppelen in de huidige procedures om deze zoveel als mogelijk 5G-proof te maken.

**Suggestie:** Het comité is van oordeel dat om de metingen voor de 5G een gelijkaardige betrouwbaarheid te geven dan de 4G metingen, het verhogen van de meettijden onvermijdelijk zal zijn. Gezien de huidige onzekerheid over de 5G standaard, is het maken van een harde voorspelling over deze toename zeer moeilijk. Momenteel denken we dat een verhoging van de meettijd tot 30 minuten niet onmogelijk is voor de metingen van "korte duur". Dit kan misschien problematisch zijn voor het realiseren van de controlemetingen door LB.

Het comité neemt akte van de inspanningen van LB om in een zo kort mogelijke meettijd statistisch significante metingen te verkrijgen en moedigt LB aan om zijn inspanningen in deze richting voort te zetten.

**Besluit:** Het comité merkt op dat 5G nu op een scharniermoment is gekomen, waar de standaarden al wel vastliggen maar hun gebruik en uitrol binnen het Brussels gewest nog niet volledig duidelijk is. Toch is er nood aan een voorbereiding van de controleorganen op deze nieuwe standaard. De 5G standaard biedt naar metingen toe een aantal belangrijke uitdagingen, en het lijkt opportuun om zoveel als mogelijk te anticiperen op de veranderingen die dit nieuwe protocol zal meebrengen voor het meten van de veldsterktes.

Het comité moedigt LB aan om de reeds begonnen inspanningen voort te zetten om te kunnen reageren op eventuele controleverzoeken in het kader van de uitrol van een 5G-netwerk, in overeenstemming met de regelgeving die de wetgevende macht zal vaststellen.

## 1.4 Algemeen besluit van technische meetprotocol

Het comité is van oordeel dat LB de controlemetingen en de simulaties correct, nauwgezet en 'to the point' uitvoert. Het comité merkt op dat de positieve evolutie in de procedures zich verderzet. Het comité staat positief tegenover de inspanningen die werd gedaan om de metingen verder te verbeteren.

Het comité wenst te benadrukken dat de nieuwe 5G-standaard belangrijke veranderingen teweeg zal brengen in de methoden voor het meten van de stralingsniveaus. Het comité moedigt LB aan om de nodige anticiperende inspanningen te blijven leveren om zoveel mogelijk rekening te houden met deze veranderingen, om een discrepantie tussen de 5G-norm en de metingen op het terrein te vermijden. Gezien de expertise die is opgebouwd rond de karakterisering van de straling van 4G en het voorbereidende werk dat LB heeft verricht, heeft het comité vertrouwen in de expertise van LB om deze uitdaging aan te gaan.

## 2 5G technologie en gevolgen voor straling

Deze sectie vat de technische aspecten van toekomstige draadloze communicatietechnologieën samen. De focus ligt op de 5G technologie die recent gestandaardiseerd werd en in 2020 in veel landen in gebruik genomen werd. Ook in België zien we de eerste 5G technologie (gebruikt in 3G spectrum), enkele pilootprojecten die gebruik maken van testlicenties in 5G spectrum en het begin van een ontplooiing op basis van tijdelijke vergunningen (reeds concreet in Vlaanderen).

De structuur van deze sectie is als volgt. We starten met de samenvatting van het standpunt dat het comité heeft ingenomen eind 2019 in verband met de evolutie van de stralingsnormen. Daarna geven we een samenvatting van de belangrijkste bevindingen uit de BIPT studie van september 2018 wat betreft de nodige verwachte netwerkcapaciteit. We lichten ook toe hoe de stralingsnormen en 5G die capaciteitsgroei beïnvloeden.

Dit deel van het rapport focust enkel op capaciteit versus straling. Het is nodig te benadrukken dat 5G naast capaciteit ook andere technologische voordelen zal hebben (zoals lagere vertraging), maar we gaan ervan uit dat de invloed van deze technologische verbeteringen op de straling kan verwaarloosd worden. Het is wel zo dat 5G, zelfs bij eenzelfde capaciteit en stralingsniveau als voor de huidige netwerken, dus innovatie-voordelen zal hebben op lange termijn.

### 2.1 Evolutie van de ordonnantie i.v.m. de stralingsnormen voor het Brusselse Hoofdstedelijke Gewest.

Het comité heeft geen elementen die er toe lijden haar standpunt te wijzigen en blijft het eens met de technische conclusies van de BIPT “Studie van 12 september 2018 betreffende de impact van de Brusselse stralingsnormen op de uitrol van de mobiele netwerken” [4] en benadrukt dat:

- Het met de norm van 6 V/m niet mogelijk is om de voorziene toename van het mobiele dataverkeer op te vangen, ongeacht de technologie die wordt gebruikt.
- Het nodig is om nieuwe frequentiebanden in gebruik te nemen om de toename van het mobiele dataverkeer op te vangen, en een verhoging van de limieten tot 14,5 V/m zijn een minimum om ook in die nieuwe banden een nieuwe antenne-infrastructuur, die extra straling zal genereren, uit te kunnen rollen.
- De voorgestelde limiet van 14,5 V/m is echter een minimum, enkel voldoende om de nieuwe frequenties in gebruik te nemen, en maakt enkel een minimale 5G-uitrolstart mogelijk volgens

---

<sup>4</sup> Studie van 12 september 2018 betreffende de impact van de Brusselse stralingsnormen op de uitrol van de mobiele netwerken, <https://www.bipt.be/nl/operators/radio/antennes-gedeeld-antennegebruik/studie-van-15-september-2018-betreffende-de-impact-van-de-brusselse-stralingsnormen-op-de-uitrol-van-de-mobiele-netwerken> - link geraadpleegd op 8 maart 2019.

voorwaarden die relatief gelijkaardig zijn aan de 4G uitrolvoorwaarden die de afgelopen jaren ontoereikend zijn gebleken.

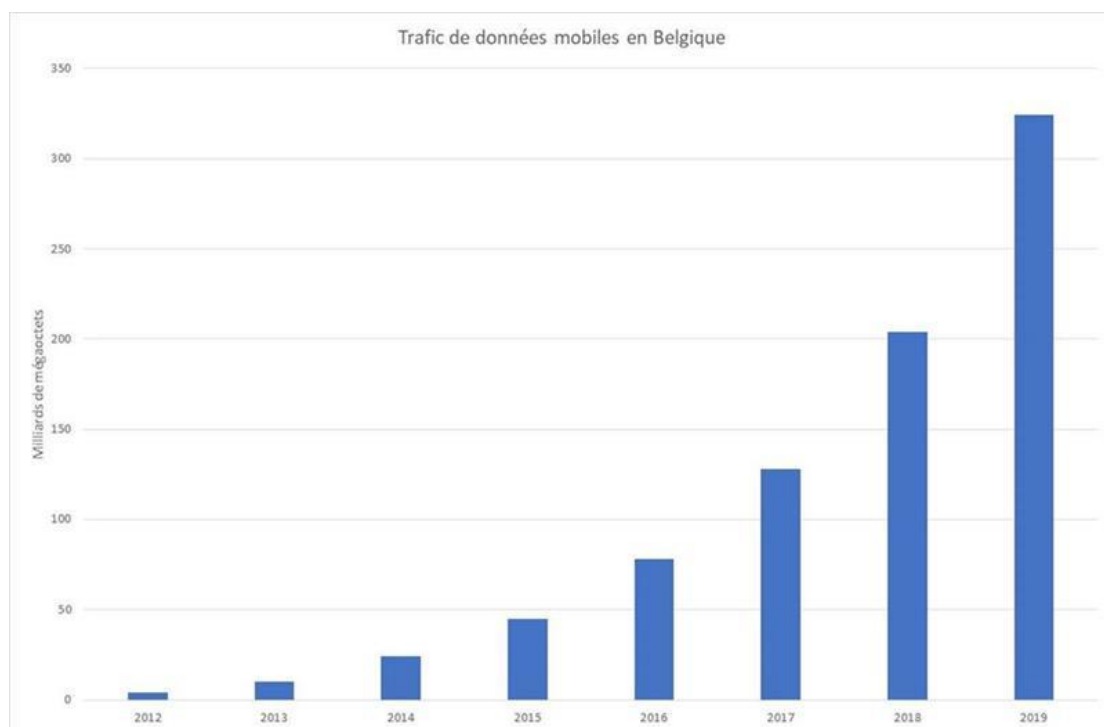
- De voorgestelde minimale verhoging van de limiet veronderstelt ook dat de uitvoeringsbesluiten die aangeven hoe rekening te houden met de antenne specificaties gewijzigd worden zodat ze kunnen rekening houden met de nieuwe 5G Massive MIMO antennes.

Technisch gezien is het zinvol om de norm boven de 14,5 V/m en tot de 41,5 V/m te nemen. Hoe dichter we bij de Europese norm aansluiten, hoe meer dit de capaciteit en de kwaliteit van de mobiele netwerken zal garanderen en dus ook de gebruikerservaring voor eindklanten zal verzekeren. Dit zal ons toelaten om mee te spelen in de Europese kopgroep van de ontplooiing van 5G netwerken.

## 2.2 Groei van mobiele data capaciteit en de invloed op straling en normen

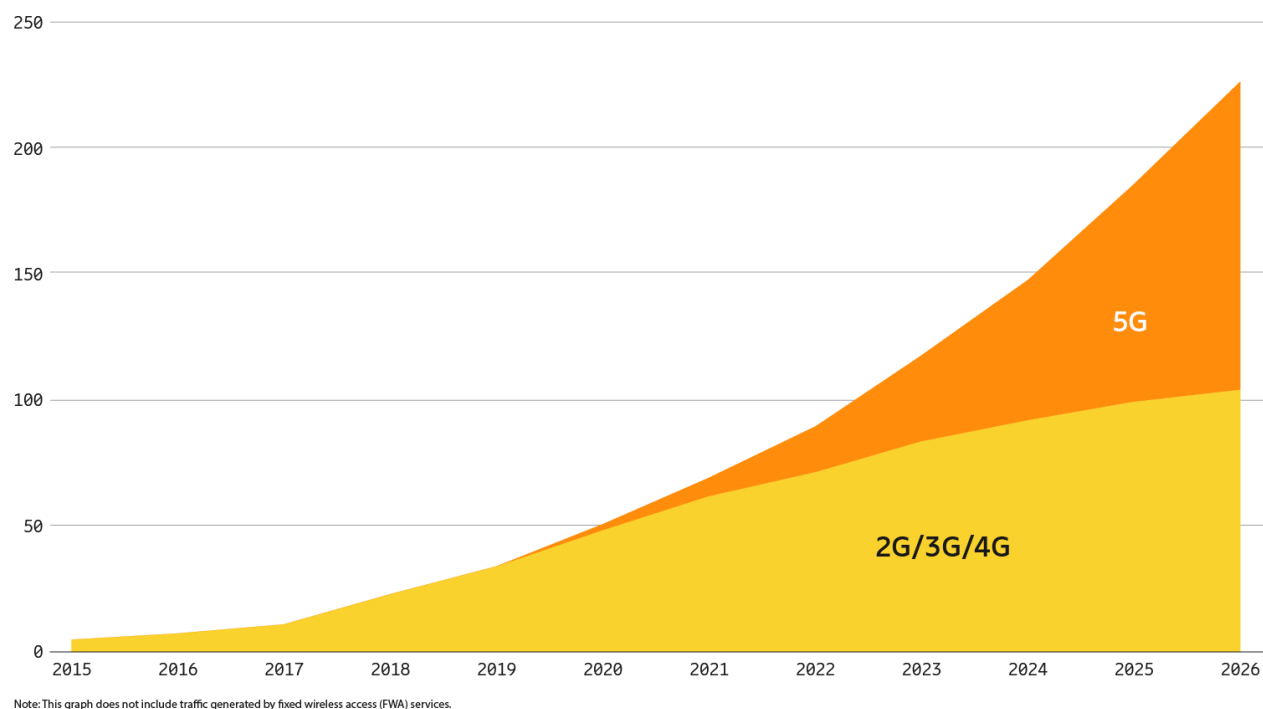
### 2.2.1 Verwachte groei Mobile Data

In elk decennium duikt een nieuwe generatie van mobiele-telecommunicatienormen op. Het mobiele-dataverkeer is letterlijk explosief gegroeid in België, gaande van 3,86 miljard megabyte in 2012 naar 324 miljard megabyte in 2019 (zie figuur 1). Het gemiddelde maandelijkse dataverbruik voor België blijft echter een stuk onder het OESO-gemiddelde.



Figuur 1 - Evolutie van het mobiele-dataverkeer in België tussen 2012 en 2019.

Deze trend zal zich allicht in de komende jaren nog voortzetten. Volgens de schattingen van Ericsson zal het mondiaal mobiele-dataverkeer tegen 2026 stijgen tot 226 Exabyte ( $10^{18}$  byte) per maand (zie figuur 2).



**Figuur 2 - Voorspellingen van de evolutie van het maandelijks mondiale mobiele-dataverkeer in exabytes tot 2026.**

Volgende grafiek toont een geschatte evolutie<sup>5</sup> van het totale mobiele datavolume. Het aandeel 'Individuals' slaat op het gebruik via klassieke toestellen (gsm, smartphone, tablet ....). Het aandeel 'Objects' slaat op de nieuwe vormen van verbruik (de 'verticals' in 5G terminologie). Enkele voorbeelden hiervan zijn het gebruik van 5G in voertuigen (car-to-car), in de fabrieken (automatisering processen), smart cities, enz. De voorspelling loopt over een grotere periode dan deze van Ericsson, ze dient als dusdanig ook meer indicatief te worden geïnterpreteerd (met een grotere foutenmarge).

Beide studies samen tonen echter aan dat de trend voor de komende jaren of tiental jaren zeker sterk stijgend zal zijn. Enerzijds wordt verwacht dat de 5G aanleiding zal geven tot een groter dataverbruik bij het publiek (meer en meer on-line, videobellen, on-line vergaderingen bij telewerken enz.).

<sup>5</sup> Referentie: BIPT / Capgemini

<https://www.bipt.be/operators/publication/mededeling-van-de-raad-van-het-bipt-van-14-april-2020-betreffende-het-rapport-van-capgemini-invent-van-maart-2020-aangaande-de-evolutie-van-mobiele-data-in-het-belgisch-spectrum-voor-publieke-mobiele-diensten-en-de-impact-ervan-op-het-media-aandeel>

Anderzijds zullen nieuwe toepassingen ontwikkeld worden die potentieel een nog grotere groei zullen veroorzaken door hun massaal gebruik (bv. Smart cities, met het automatisch opvolgen van individuele parkeerplaatsen zoals dat nu al in enkele steden in gebruik is, of car-to-car communicatie, enz.).

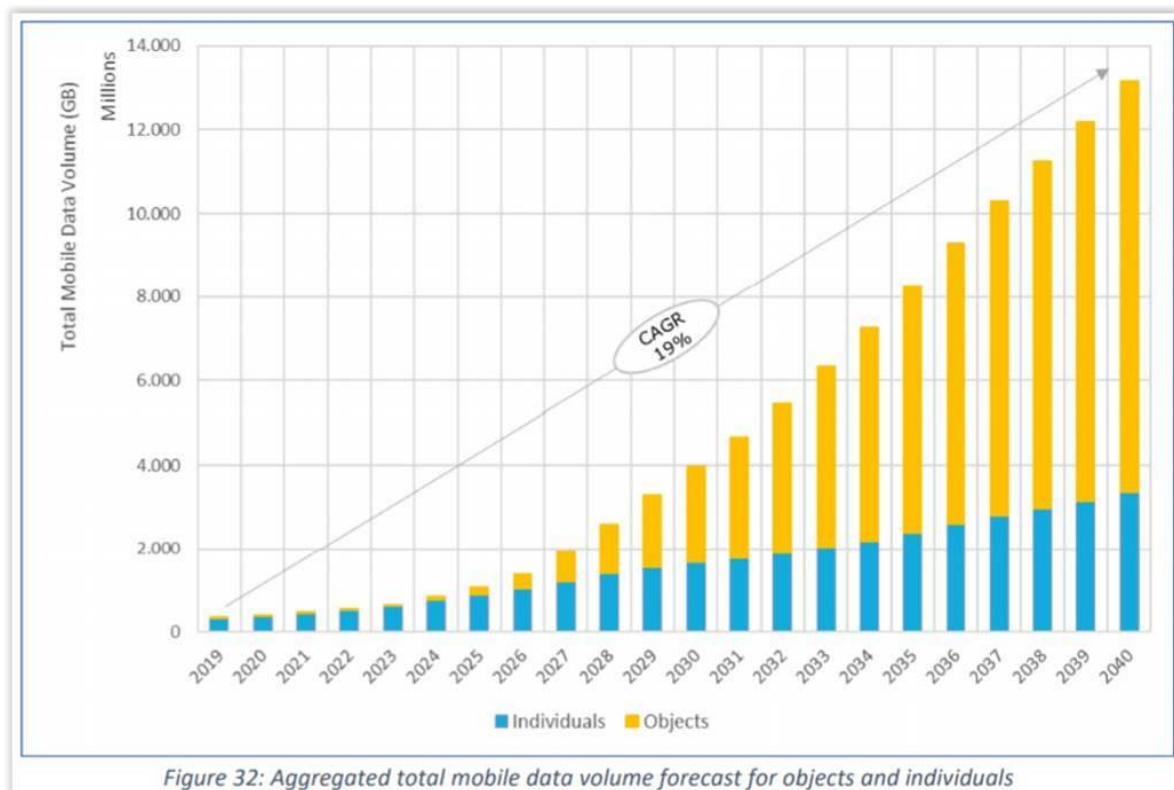


Figure 32: Aggregated total mobile data volume forecast for objects and individuals

Figuur 3: Voorspelling van het jaarlijkse totale mobiele dataverkeer tot 2040.

## 2.2.2 Capaciteit van een netwerk

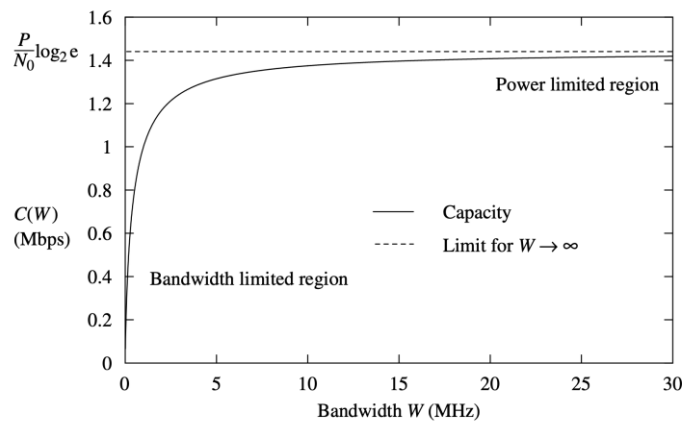
De toename van het mobiele-dataverkeer heeft onvermijdelijk een impact op de vermogens die uitgestraald worden door de antennes van de operatoren. Volgens de limieten van de fundamentele fysica en communicatietheorie [6] is immers een bepaald minimaal energieniveau nodig om een bit informatie (spraak of data) over te brengen. Bij gelijke efficiëntie is het stralingsniveau op de locatie van de ontvanger dus afhankelijk van het debiet van de gegevens van die ontvanger. Anders gezegd: het informatiedebiet  $C$  op een locatie is direct afhankelijk van het vermogen van de straling op die locatie. Deze vergelijking geeft een benadering voor de capaciteit van een communicatienetwerk met ontvangen stralingsvermogen  $P$ :

<sup>6</sup> N. J. A. Sloane; Aaron D. Wyner, "A Mathematical Theory of Communication," in *Claude E. Shannon: Collected Papers*, IEEE, 1993.

$$C \approx W \times n \times \log_2 \left( 1 + \theta \frac{P}{WN_o} \right).$$

Hier is duidelijk dat een capaciteitsgroei enkel voldaan kan worden door meer spectrum ( $W$ ), meer antennes ( $n$ ) of een hoger ontvangen vermogen  $P$  (wat direct vertaald kan worden in V/m op een locatie).  $\theta$  is een factor die weergeeft hoe efficiënt de technologie is, voor de nieuwste generatie 5G is  $\theta \approx 1$ . De beschikbare Figuur 3 geeft weer hoe die capaciteit beïnvloed wordt door de hoeveelheid spectrum  $W$  (Figuur naar [5] voor fictieve waarden van hoeveelheid spectrum en  $P$ ). Wanneer het ontvangen vermogen  $P$  groot is kan het ruisvermogen van de ontvanger ( $WN_o$ ) verwaarloosd worden, waardoor meer spectrum  $W$  leidt tot meer capaciteit, dit is het linkse deel van de curve in Figuur 3. Bij een te laag ontvangen vermogen  $P$ , zal de ruis ( $WN_o$ ) domineren waardoor we de capaciteit niet meer kunnen laten stijgen enkel door meer spectrum te voorzien, want dit zou ook tot meer ruis leiden. De capaciteitsgroei vlakkt af tot een limietwaarde die begrensd is door  $P$  keer een constante.

Deze fundamentele wet is geldig voor elke technologie, en de theoretische afweging toont aan dat groeiende capaciteit uiteindelijk, in de limiet, altijd gepaard moet gaan met een verhoging van het toegelaten vermogen aan de ontvanger.



Figuur 4 – Evolutie van de theoretische capaciteit in functie van de bandbreedte  $W$  [zie D. Tse, *Fundamentals of Wireless Communication*, Chapter 5, Fig. 5.5.]. Bij beperkt vermogen (weergegeven door de stippelijijn) is capaciteitsgroei in functie van bandbreedte beperkt.

### 2.2.3 Capaciteitswinst door vervangen 2G/3G

Het wegvallen van de 2G- en de 3G-technologie zal het weliswaar mogelijk maken om de spectrale efficiëntie te verhogen voor het gebruik van efficiëntere technologie in de banden van 900 MHz en

2000 MHz (dus technologie met hogere  $\theta$ ). Deze verhoging van de spectrale efficiëntie zal het op zich evenwel niet mogelijk maken om een verhoging van het mobiele-dataverkeer op te vangen. Enerzijds is deze verhoging beperkt tot twee frequentiebanden. Anderzijds zijn de 2G- en de 3G-technologie constant geëvolueerd en is de spectrale efficiëntie ervan al aanzienlijk geëvolueerd ten opzichte van de aanvankelijke uitrol. Het vervangen van de 2G- en de 3G-technologie door een 5G technologie met eenzelfde stralingsquota zal niet volstaan om de verwachte datagroei op te vangen.

Bovendien zal 3G bovendien pas kunnen uitdoven wanneer het aantal smartphones dat niet 4G-compatibel is, marginaal zal zijn geworden. De mogelijke stopzetting van 2G zal nog voor meer problemen zorgen door het talrijke aantal M2M-klanten dat gebruik maakt van 2G-modems en het hoge aantal mobiele telefoons van de 2<sup>de</sup> generatie in ons land. Ook zullen de stralingen die geproduceerd waren door de huidige 2G- en 3G-netwerken, bij een uitfasering, dienen te worden vervangen door stralingen die door een ander netwerk worden voortgebracht. Zo doende is in elk geval de gecombineerde afstand van 2G en van 3G voordat 5G is uitgerold, niet realistisch.

Op technische basis kan gesteld worden dat, zonder aanpassing van de Brusselse stralingsnormen welke door de regelgever bekeken zou kunnen worden, de verwachte toename van het dataverkeer niet zal kunnen plaats vinden ongeacht de uitgerolde technologie(ën).

Op langere termijn is het ook zo dat 5G ( $\theta \approx 1$ ) zeer dicht bij het theoretische maximum zit dat men uit een gegeven hoeveelheid spectrum en vermogen kan halen.

## 2.2.4 5G capaciteit en straling

De vijfde mobiele generatie (5G), die reeds gedeeltelijk in gebruik is, zal niet alleen zorgen voor een verhoging van het datavolume en de datasnelheden tot 20 GBits/s als piekcapaciteit en 100MBits/s voor elke gebruiker, maar ook om economische en maatschappelijke sectoren te digitaliseren en te interconnecteren (tot 1.000.000 objecten per vierkante kilometer) [7]. Deze sectoren worden in het kader van 5G aangeduid als “verticals”. Het gaat hier onder meer over de automobieliindustrie, de veiligheidsdiensten, de energiesector, de gezondheidssector en de media. 5G gaat dus verder dan enkel straling en capaciteit, maar in dit deel van het rapport bespreken we enkel straling.

5G zal uitgerold worden in 2 fases, waarbij de eerste fase focust op spectrum onder 6 GHz. Daarna komen de zogenaamde mmWave banden aan bod. In een bevraging van het BIPT werd duidelijk dat

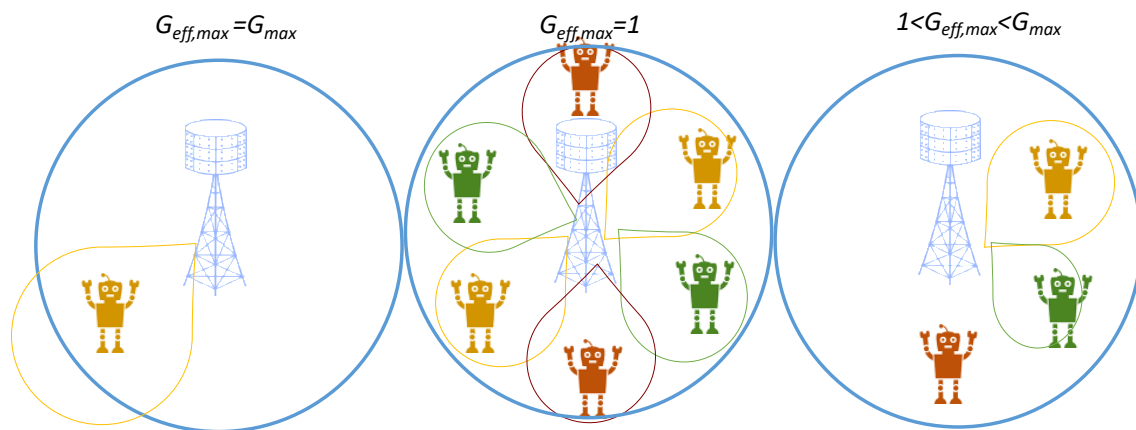
---

<sup>7</sup>M.2083:IMT Vision - "Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond"



er op dit ogenblik geen interesse is in mmWave spectrum en 5G in België [8]. Zonder tegenindicaties zal een ontplooiing waarschijnlijk pas na 2025 komen.

De eerste fase en noodzakelijke technologie voor de uitrol van 5G (zie capaciteitsvraag sectie 3.2.1) zal gebruik maken van een veelheid aan antennes die hun energie meer zullen bundelen dan een klassieke antenne voor 2, 3 of 4G. Er zal daarbij een hogere blootstelling aan vermogen optreden. Er zal immers gebruik gemaakt worden van een Massive MIMO-systeem (Multiple Input Multiple Output) waarbij verschillende antennes éénzelfde antennesector zullen dekken, zodat het debiet per gebruiker kan verhoogd worden en de signaalkwaliteit kan geoptimaliseerd worden voor plaatsen met moeilijke dekking. Bij beide technologieën zal het vermogen meer gericht worden, waardoor we nu naast pulsen of pieken in tijd en frequentie ook gecontroleerde ruimtelijke pieken zullen krijgen in het stralingspatroon.



**Figuur 4:** Illustratie van het focussen van vermogen naar meerdere gebruikers in de context van Massive MIMO. Links is het meest extreme scenario, waar de effectieve worst case straling van de antenne  $G_{eff,max}$  gelijk is aan de maximale  $G_{max}$ , omdat alle antennes samenwerken om een ‘array gain’ of vermogenswinst voor 1 gebruiker te realiseren. Het gevolg is dat de meeste locaties in de cel een lagere (<) straling ondervinden. In het midden is een scenario waar het vermogen uniform wordt uitgestuurd, maar het focussen richt zich nu op het creëren van verschillende signalen voor verschillende gebruikers om de totale capaciteit beter te benutten. In dit geval is  $G_{eff,max} = 1 < G_{max}$ , en is er geen verschil in straling tussen een isotrope antenne en 5G cel. Echter, dit is een niet realistisch scenario, omdat alle gebruikers uniform verspreid zijn in de cel. In een typisch scenario is het realistisch te verwachten dat een aantal gebruikers meer vermogen zullen ontvangen, en is er een  $1 < G_{eff,max} < G_{max}$  te bepalen voor de specifieke actieve antenne. Een nieuwe berekeningsmethode is nodig om een goede schatting van  $G_{eff,max}$  te bepalen.

Dit concept wordt zeer vereenvoudigd geïllustreerd in Figuur 4. Daar is duidelijk dat je het vermogen in een cel niet meer uitspreidt over alle gebruikers, maar richt naar de gebruiker waarvoor de signalen effectief bedoeld zijn. Bij 5G kan de totale capaciteit in het netwerk dan verhoogd worden door verschillende signalen naar meerdere gebruikers te sturen op hetzelfde ogenblik. Deze technologie is multi-user Massive MIMO [9], en het is deze variant van Massive MIMO die nodig is om de gewenste capaciteitseffecten te bekomen. In de realiteit verwachten we dus een scenario dat dicht is bij het middelste scenario uit Figuur 4, maar met gebruikers die minder uniform gespreid zijn. Het effectieve stralingspatroon hangt af van de spreiding van de gebruikers in de ruimte, hun databehoeftes, de

<sup>8</sup> <https://www.bipt.be/operators/publication/consultation-on-the-use-of-the-26-ghz-band-for-5g>

<sup>9</sup> X. Gao, O. Edfors, F. Rusek and F. Tufvesson, "Massive MIMO Performance Evaluation Based on Measured Propagation Data," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 14, no. 7, blz. 3899-3911, juli 2015.

omgeving en het algoritme in het basisstation. De metingen in [10] illustreren hoe de locatie van de gebruikers de straling beïnvloedt, voor een indoor scenario. Het is duidelijk dat een scenario met slechts 1 actieve gebruiker, of 2 actieve gebruikers op eenzelfde straal ten opzichte van de antenne tot de grootste blootstelling leidt. Wanneer meerdere gebruikers rond het basisstation actief zijn, zijn de gemeten stralingsniveaus altijd lager. Zelfs wanneer er slechts twee gebruikers actief zijn niet op eenzelfde straal, zal de effectieve straling sterk lager zijn dan  $G_{max}$ .

Voor de uitrol van 5G is het absoluut noodzakelijk dat de berekeningsmethode, vastgesteld in de uitvoeringsbesluiten, aangepast wordt om rekening te houden met de Massive MIMO-antennes. Deze eis geldt niet enkel voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, maar ook voor het Vlaams en het Waals Gewest.

## 2.3 Besluit

5G is nodig om de stijgende vraag naar meer capaciteit te beantwoorden. 5G brengt een aantal technische innovaties, die het mogelijk maken om aan de capaciteitsvraag te blijven voldoen. Essentieel moet hiervoor echter de hoeveelheid spectrum ( $W$ ), het aantal antennes ( $n$ ) en op termijn ook het ontvangen vermogen (en dus de toegestane veldsterkte) verhoogd kunnen worden.

Om optimaal meer spectrum ( $W$ ) en meer antennes ( $n$ ) te kunnen benutten, biedt 5G een aantal nieuwe technologieën aan:

- Massive MIMO technologie maakt het mogelijk om de grote hoeveelheid spectrum op hogere frequenties te benutten ( $W= 100$  MHz is voorzien voor de nieuwe licenties), maar dit kan slechts optimaal als ook het ontvangen vermogen  $P$  minstens evenredig kan stijgen, zodat de verhouding  $P/WNo$  goed blijft.
- Massive MIMO maakt het mogelijk om veel antennes te plaatsen op eenzelfde locatie ( $n$ ), maar dit geeft aanleiding tot actieve antennes waarvoor een aanpassing van de berekeningswijze die niet uitgaat van  $G_{max}$  aangewezen is.

---

<sup>10</sup> Loh, Tian Hong & Heliot, Fabien & Cheadle, David & Fielder, Tom. (2020). An Assessment of the Radio Frequency Electromagnetic Field Exposure from A Massive MIMO 5G Testbed.

## 3 Gevolgen voor de gezondheid

### 3.1 Inleiding

5G is de volgende generatie van de mobiele netwerken die door de sectoren van de elektronische communicatie en de draadloze apparatuur en door de normalisatie-instellingen wordt geïntroduceerd. Het voldoet aan de eisen van de Internationale Telecommunicatie Unie (ITU), "IMT-2020", die de belangrijkste prestatiecategorieën definiëren die met deze nieuwe technologieën kunnen worden bereikt. Deze nieuwe mobiele technologie zou diensten van hoge kwaliteit moeten leveren, zoals efficiënte, betrouwbare mobiele netwerken met hoog debiet en lage latentie.

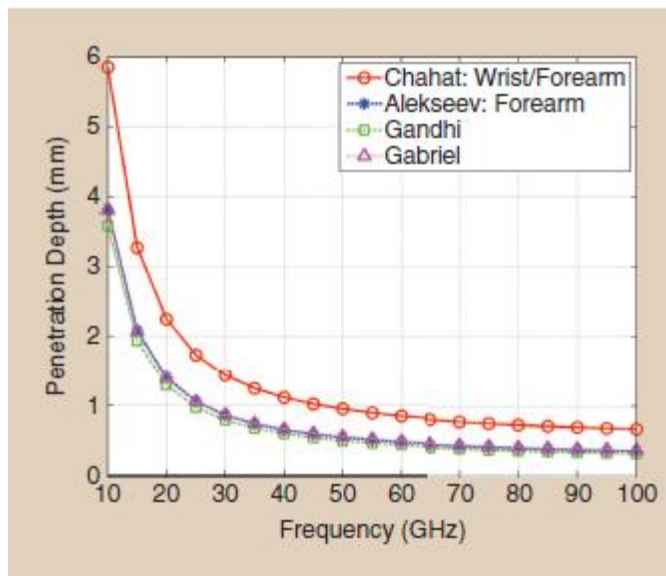
In 2016 heeft de Europese commissie een actieplan gelanceerd om een gemeenschappelijk Europees tijdschema vast te stellen voor de lancering van de eerste 5G-netwerken. Het doel is om zogenaamde "pioniersfrequenties" (700 MHz, 3,5 GHz en 26 GHz) voor 5G vrij te maken en toe te wijzen, zodat men voor het eind van dit jaar 2020 in elk land van de Europese Unie commerciële 5G-diensten zal kunnen lanceren.

Het effect op de menselijke gezondheid van golven in de 3,5 GHz-band kan vergelijkbaar zijn met dat van 4G, zodat 5G op deze bandbreedte gebruik kan maken van de bestaande basisstations. In de 26 GHz-band is de interactie van de golven met het menselijk lichaam echter anders en zullen de basisstations dichterbij moeten worden geïnstalleerd, in het nabije veld. Daarom zullen de toepassingen en blootstellingspatronen verschillend zijn en zijn de langetermijneffecten van 5G op de menselijke gezondheid niet vastgesteld, aangezien ze weinig bestudeerd zijn.

Theoretisch komt een hogere frequentie van een elektromagnetische golf overeen met een kortere golflengte en een grotere energie. In het gamma van de elektromagnetische velden, waaronder de 5G-frequenties, blijft deze energie ver onder het niveau dat chemische bindingen kan "breken" of levende materie kan ioniseren. Het is dus niet-ioniserende straling.

In termen van de interactie met levende organismen leidt deze toename van de energie tot een opwarming van de weefsels bij lagere blootstellingsniveaus dan de frequenties van de vorige generaties, maar altijd boven een bepaald veldsterkteniveau in termen van vermogen. De gekende gezondheidseffecten van de frequenties tot 300 GHz komen dus nog steeds voort uit thermische effecten. De regelgevende instanties hebben normen en limieten vastgesteld om het publiek tegen deze thermische effecten te beschermen (ICNIRP, 2020). Een blootstelling onder de reglementaire waarden zou dus niet leiden tot verwarming van de weefsels en dus niet gevaarlijk zijn voor de gezondheid.

De absorptie van het vermogen van elektromagnetische velden met "hoge" frequenties van 5G, en volgens de ICNIRP vanaf 6 GHz, verschilt van die van de frequenties van de vorige generaties omdat ze oppervlakkig wordt. Hoe hoger de frequentie, hoe korter de golflengte en hoe minder diep de penetratie. De interacties treden dus alleen op aan de oppervlakte op (zie figuur 1).



Figuur 1: Diepte van de penetratie in de menselijke huid in functie van de frequentie van de blootstelling (volgens Wu et al., 2015)

Het begrip specifieke absorptiegraad, dat de absorptie van het radiofrequente vermogen diep in het lichaam (W/kg) weergeeft, is daarom niet langer geschikt. De belangrijke biologische parameter wordt de geabsorbeerde vermogensdichtheid aan de oppervlakte, uitgedrukt in  $W/m^2$ . De blootstellingslimiet voor het publiek is  $10 W/m^2$  of  $1 mW/cm^2$ .

Ondanks het bestaan van blootstellingslimieten die gebaseerd zijn op wetenschappelijke gegevens en die worden geacht de volledige bevolking te beschermen, leidt de kwestie van de gezondheidseffecten op lange termijn (athermische effecten, als die bestaan) van deze nieuwe technologie, en meer in het algemeen van de draadloze communicatietechnologieën, tot bezorgdheid en vragen bij het publiek. In het bijzonder de frequenties boven 6 GHz zijn een bron van bezorgdheid.

## 3.2 Stand van de wetenschap

Ons literatuuronderzoek is deels gebaseerd op het voorlopige ANSES-rapport (2019) en op een in 2019 uitgevoerd overzicht (Simkó en Mattsson, 2019) van studies (*In vivo* en *In vitro*) over de volgende generatie draadloze (5G) communicatiesignalen vanaf 6 GHz en hun gezondheidseffecten.

### 3.2.1 Frequenties rond 3,5 GHz

Zeer weinig teams hebben tot nu toe het effect van radiofrequenties met deze specifieke frequentie bestudeerd.

Een eerste experimentele studie werd uitgevoerd door Hamnerius et al, (1985). De auteurs analyseerden de mutageniteit van 3,1 GHz-pulsen (SAD van 60 of 90 W/kg). Er werden twee biologische modellen gebruikt: Salmonellabacteriën voor het uitvoeren van een Ames-test en embryo's van de fruitvlieg, die een gevoelig systeem vormen waarin de snelheid van de somatische mutaties kan worden beoordeeld op het niveau van de oogpigmentatie. In geen van deze modellen vonden de auteurs een significant mutageen effect van de blootstelling.

Een tweede studie werd uitgevoerd door een Chinees team (Wu et al., 2012). De auteurs stelden aan spermatogonia en spermatocyten gelinkte sertolicellen aan de frequenties bloot. De *in vitro* gekweekte cellen werden blootgesteld aan frequenties in de S-band (tussen 2 en 4 GHz, zonder verdere precisering) en een vermogensdichtheid van 100 mW/cm<sup>2</sup>. Het potentiële thermische effect van een dergelijk vermogen werd niet gekwantificeerd, wat de reikwijdte van deze studie beperkt. De auteurs beschrijven een toename van de cytokineproductie door de sertolicellen en een toename van de kiemceldood.

Een derde studie onderzocht de effecten van krachtige gepulste microgolven op melanoom (G361 en SK-Mel-31) en normale menselijke dermale fibroblastcellen (NHDF) (Mumtaz et al., 2020). De blootstelling vond plaats met een dominante frequentie van 3,5 GHz. De levensvatbaarheid van de cellen, hun vermenigvuldiging, de apoptose, de celdood, de metabolische activiteit en de afwezigheid van zuurstof werden beoordeeld na blootstelling aan lage en hoge doses. De blootstelling aan microgolven verhoogde de levensvatbaarheid en de vermenigvuldiging van beide melanoomcellijnen op een dosis-afhankelijke manier, terwijl geen significant effect op de fibroblastcellen werd waargenomen. De auteurs verwijzen naar een blootstelling aan hoge vermogens, maar in de studie werd geen dosimetrie uitgevoerd. Dit brengt de betrouwbaarheid van deze studie op het vlak van de risicoanalyse in diskrediet.

Een andere studie presenteert een blootstellingssysteem voor embryo's van de zebravis (Dasgupta et al., 2020). Zes uur na de bevruchting werden de embryo's gedurende 42 uur

blootgesteld aan 3,5 GHz. De auteurs gebruikten een hoge SAD van 8,27 W/kg, maar er werd geen temperatuurstijging gemeten in het water waar de embryo's in zwommen. De resultaten toonden geen significante impact op de mortaliteit, de morfogenese of de fotomotorische respons. Aan de andere kant vinden de auteurs een zeer lichte afname van de schrikreactie op een geluidssignaal, wat volgens hen een mogelijke sensomotorische storing suggereert.

### 3.2.2 Frequenties van 6 tot 30 GHz

Dit is het frequentiegebied van de banden rond 26 GHz die in de nabije toekomst door 5G zullen worden gebruikt. Slechts drie studies hebben frequenties van 6 tot 30 GHz onderzocht. Opgemerkt moet worden dat deze studies hoge vermogensniveaus gebruiken, die 5 tot 10.000 keer hoger zijn dan de toegestane normen. We zijn dus ver verwijderd van situaties die representatief zijn voor de omgevingsblootstelling.

In de eerste studie ([Kojima et al., 2015](#)) onderzochten de auteurs de verhoging van de oogtemperatuur in de ogen van konijnen die aan verschillende frequenties werden blootgesteld (18 tot 40 GHz) bij een vermogensdichtheid van 200 mW/cm<sup>2</sup>. De stijging van de oogtemperatuur is afhankelijk van de frequentie (ze is het hoogst bij 40 GHz, het laagst bij 18 GHz en intermediair bij 22 en 26,5 GHz. Bij dit hoge vermogen wordt de door de blootstelling geïnduceerde warmte niet alleen op het hoornvlies maar ook op de lens overgebracht.

In de tweede studie ([Nguyen et al., 2016](#)) toonden de resultaten aan dat de blootstelling aan een 18 GHz-sigitaal de doorlaatbaarheid van de prokaryote cellen en de gistcellen induceerde. Deze doorlaatbaarheid wordt bereikt met een specifiek absorptiepercentage (SAD) van 3 kW/kg en 5 kW/kg per blootstelling, afhankelijk van het type cel.

De laatste studie ([Franchini et al., 2018](#)) had tot doel de potentiële genotoxische en cellulaire effecten te beoordelen van een *in vitro* blootstelling van menselijke foetale en volwassen fibroblasten aan microgolfstraling van 25 GHz (SAD = 20 W/kg). Hiertoe werden verschillende genetische en biologische parameters geëvalueerd. De resultaten van de komeetttest, de histon H2AX-fosforylering en de frequentie van de negatieve micronuclei van de anti-kinetochore antlichamen (CREST) sloten directe DNA-schade uit bij aan microgolven blootgestelde menselijke foetale en volwassen fibroblasten. Er werden geen inductie van apoptose of veranderingen in de prosurvival signaleiwitten gedetecteerd. De CREST-analyse toonde daarentegen voor beide cellijnen een toename aan van het totale aantal micronuclei en centromeerpositieve micronuclei in de blootgestelde monsters, wat duidt op een inductie van aneuploidie als gevolg van chromosoomverlies.

### 3.2.3 Millimeterfrequenties tussen 30 GHz en 70 GHz

Dit frequentiebereik maakt deel uit van de familie van de millimetergolven. Over deze frequenties zijn talrijke studies uitgevoerd (ongeveer 200). Daar zijn 2 belangrijke redenen voor: 1) het thermische effect van bepaalde frequenties is geanalyseerd in de context van radartoepassingen; 2) millimetergolven hebben therapeutische toepassingen en de banden rond 35, 42, 51 en 60 GHz zijn in deze context onderzocht.

Zonder in te gaan op de details van deze vele studies, blijkt dat millimetergolven weliswaar niet diep in het lichaam dringen, maar bij zeer hoge vermogens (bijvoorbeeld 75 mW/cm<sup>2</sup> over het volledige lichaam) hyperthermie kunnen veroorzaken die zelfs dodelijk kan zijn voor de modeldieren.

Er zijn therapeutische toepassingen ontwikkeld in de Oost-Europese landen (voormalige USSR) en China. Millimetergolven zijn alleen of in combinatie met andere behandelingen gebruikt en hebben veelbelovende klinische resultaten getoond voor de genezing van diverse ziekten zoals zweren, pijn, hart- en vaatziekten, wondheling, bronchiale astma, huidandoeningen of kanker. Het is belangrijk om op te merken dat in dit therapeutische kader de gebruikte vermogensdichtheid ongeveer 10 tot 15 mW/cm<sup>2</sup> bedraagt, wat een lichte stijging van de temperatuur (tot 1-2 °C) veroorzaakt op het punt waar de huid wordt blootgesteld. Bijgevolg kunnen de in deze studies beschreven effecten niet worden geclassificeerd als zuiver niet-thermisch en kan men ze niet extrapoleren om de potentiële effecten van deze golven in een 5G-omgeving. Deze studies onderzochten uit een fysiologisch oogpunt de ontstekings-effecten, de veranderingen in de huidtemperatuur, het hartritme, de bloeddruk, de elektrische activiteit van de neuronen en de elektro-encefalografische analyses. Op cellulair en moleculair niveau werden de genexpressie, de oxidatieve stress en de inductie van cellulaire apoptose bestudeerd. De resultaten, die gevarieerd en soms tegenstrijdig zijn, werden al in het vorige verslag becommentarieerd.

Opgemerkt moet worden dat slechts weinig studies gebruik hebben gemaakt van vermogensdichtheden die representatief zijn voor de vermogensdichtheden die in de telecommunicatiesector mogen worden gebruikt. Als we bijvoorbeeld kijken naar de ongeveer 50 artikelen die in de afgelopen 5-6 jaar zijn gepubliceerd, kunnen slechts 8 studies worden behouden als onderdeel van een analyse van de gezondheidsrisico's bij de mens, omdat ze vermogensdichtheden gebruikten die gelijk waren aan of lager waren dan de geldende norm (1 mW/cm<sup>2</sup>).

Twee artikelen van hetzelfde team ([Koyama et al., 2014](#) & [Koyama et al., 2016](#)) beschrijven de impact van een blootstelling aan 60 GHz en 1 mW/cm<sup>2</sup> op van het menselijke oog afgeleide epitheelcellen. Na 24 uur blootstelling vonden de auteurs geen bewijs van genotoxische stress (gebaseerd op de komeetttest en de micronucleitest). Bovendien werd geen overexpressie van stress eiwitten (HSP27, HSP70 en HSP90) gedetecteerd.

[Le Quement et al, \(2014\)](#) bestudeerden de effecten van millimetergolven van 60,4 GHz op de spanning in het endoplasmatisch reticulum. Menselijke huidcellen werden blootgesteld aan toenemende vermogensdichtheden, variërend van 1 tot 20 mW/cm<sup>2</sup>. De resultaten tonen geen effect van de blootstelling aan de laagste vermogensniveaus (in het bijzonder bij 1 mW/cm<sup>2</sup>, wat overeenkomt met de maximale blootstellingslimiet voor het grote publiek). Anderzijds remt bij 20 mW/cm<sup>2</sup> de blootstelling de overexpressie van de chaperonne-eiwitten BIP en ORP150, geïnduceerd door cellulaire stress. Uit controles is gebleken dat deze remming verband houdt met het thermische effect van de blootstelling aan dergelijke hoge vermogens.

Een Amerikaans team heeft de effecten van een bestraling met lage intensiteit (1, 2 of 4 mW/cm<sup>2</sup>) van 60 GHz op individuele neuronen van bloedzuigers geanalyseerd ([Romanenko et al., 2014](#)). De activering van het actiepotentieel van de neuronen is bescheiden bij 1 en 2 mW/cm<sup>2</sup> en belangrijker bij 4 mW/cm<sup>2</sup>. Deze activering kan niet volledig worden ondermijnd door de thermische controle die de auteurs uitvoerden, wat een specifiek millimetergolfeffect suggereert.

In Japan hebben onderzoekers de gemiddelde lengte onderzocht van de neurieten van PC12VGn-cellen die werden blootgesteld aan 60 GHz met een gemiddelde vermogensdichtheid van 1 mW/cm<sup>2</sup> ([Shiina et al., 2014](#)). Onder deze omstandigheden werd geen significant effect van de blootstelling op de neurietgroei waargenomen. Deze resultaten werden bevestigd door een ander team ([Haas et al., 2016](#)), dat een hogere vermogensdichtheid (10 mW/cm<sup>2</sup>, bij 60,4 GHz) gebruikte.

[Volkova et al, \(2014\)](#) hebben een *in vitro* studie (42,25 GHz en 0,03 mW/cm<sup>2</sup>) uitgevoerd op gecryoconserveerd menselijk sperma. De auteurs constateerden een toename van de motiliteit na 15 min. blootstelling, zonder verandering in de membraanintegriteit of chromatinestatus.

[Gapejev en Loekjanova \(2015\)](#) keken naar het beschermende effect van 42,2 GHz golven (0,1 mW/cm<sup>2</sup>) tegen DNA-schade. In een model van muriene leukocytenmodel tonen de auteurs aan dat de cellen door een voorafgaande blootstelling aan millimetergolven worden beschermd tegen agressie door een andere genotoxische stof (alkyleringsmiddel, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> of röntgenstraling). Dit beschermende effect, het adaptieve effect genoemd, is ook aangetoond in het domein van de radiofrequenties, maar de mechanismen moeten nog worden opgehelderd.

[Chuyan en Tribat \(2016\)](#) keken naar de impact van een blootstelling aan 42,25 GHz op de perifere bloedsomloop in de mens. Metingen met een laser Doppler-debietmeter toonden aan dat een meervoudige blootstelling aan een vermogensdichtheid van 0,1 mW/cm<sup>2</sup> de microcirculatie in de huid verhoogde.



### 3.3 Conclusies

Zeer weinig studies zijn specifiek gericht op de 2 opkomende frequenties van 5G (3,5 en 26 GHz). Bovendien gebruiken de gepubliceerde studies zeer hoge veldsterkten vergeleken met de huidige telecommunicatienormen. Daarom kunnen deze studies geen accuraat beeld geven van de mogelijke effecten van een blootstelling aan 5G.

Voor de frequentieband rond 26 GHz hebben veel mensen zich op de studies met millimetergolven gebaseerd om voor moratorium op 5G te pleiten. Hoewel de millimetergolven 26 GHz benaderen, zijn hun frequenties hoger. De literatuur over de millimetergolven is overvloediger, maar niet noodzakelijk gericht op risicoanalyse, aangezien de meeste van deze studies mechanismen zoeken om de therapeutische effecten van deze golven te verklaren. Dat kan verwarrend zijn voor wie niet bekend is met het domein. Dit heeft geleid tot de publicatie van overzichten, geschreven door mensen die nooit hebben gewerkt op het gebied van bio-elektromagnetisme en die alle gepubliceerde biologische effecten samenvoegen, zonder ze ooit te sorteren op basis van de gebruikte blootstellingsniveaus (Russel, 2018; Di Ciala, 2018; Kostoff et al., 2020). Deze publicaties geven een alarmerende boodschap die waarschijnlijk ongegrond is, aangezien deze effecten worden verkregen bij vermogensdichtheden die 10 tot 20 keer hoger zijn dan de toegestane limieten voor het grote publiek. Bij dit vermogen zijn thermische effecten mogelijk, hoewel niet alle auteurs de controles hebben uitgevoerd om dat te verifiëren. Bovendien is het interessant om op te merken dat enkele studies hebben aangetoond dat de effecten die zij hebben waargenomen louter thermisch waren en konden worden nagebootst door conventionele verwarming (Bush et al., 1981; Sypniewska et al., 2010; Le Qument et al., 2014; Habauzit et al., 2014; Vlasova et al., 2018).

Uit het oogpunt van de analyse van de gezondheidsrisico's mag men aannemen dat de lage frequenties van 5G (700 MHz en 3,5 GHz) geen verandering zullen brengen in de huidige situatie, waarin 3G en 4G de overhand hebben. Aan de andere kant kan het gebruik van frequenties rond 26 GHz de zaak veranderen, omdat de energie van deze golven voornamelijk door de huid wordt geabsorbeerd en minder diep in het lichaam doordringt (Wu et al., 2015). Men mag dus hopen dat deze geringe penetratie de veiligheid zal verhogen. Voorlopig is de enige resterende twijfel over de mogelijke gezondheidseffecten het mogelijke hogere risico op hersenkanker voor zware gsm-gebruikers. Met de afname van de penetratiekracht van de golven zullen de hersenen geen direct doelwit meer zijn van deze golven.

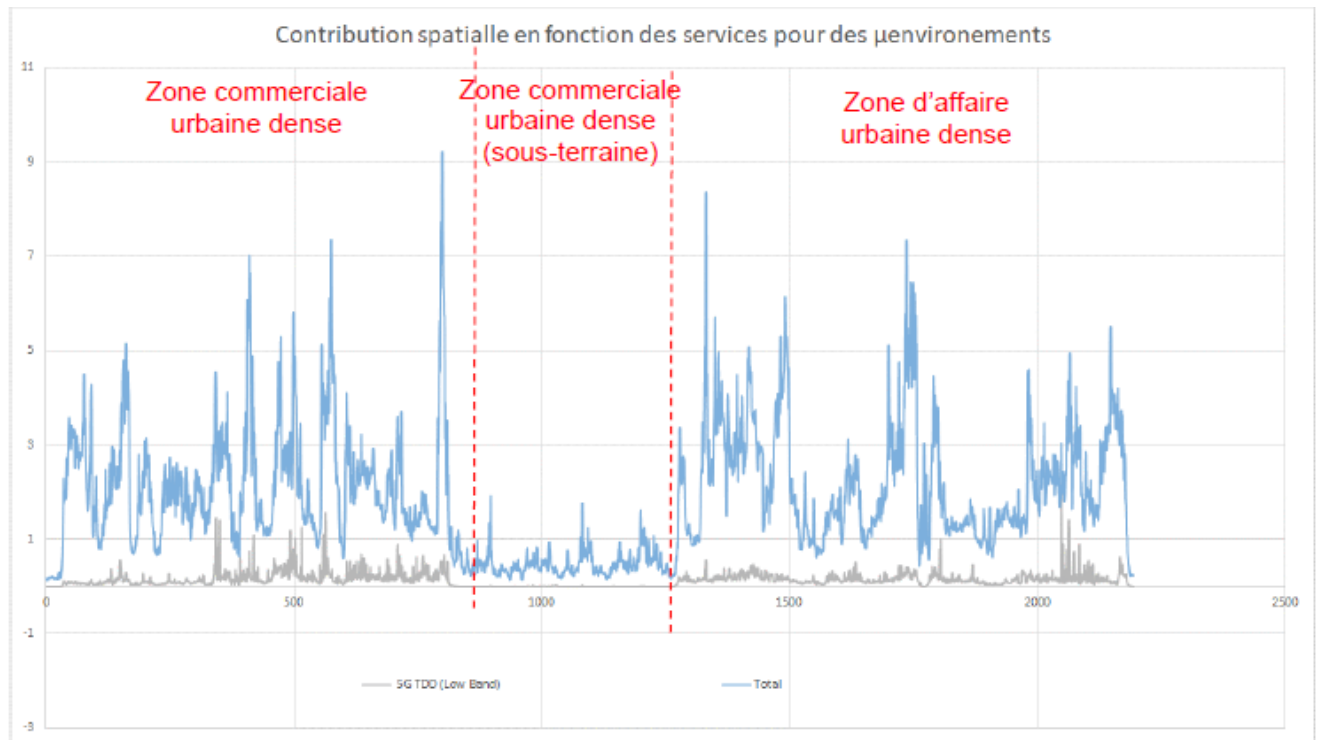
In termen van experimenteel onderzoek zal het niettemin interessant zijn om na te gaan of een grotere afzetting van energie op de huid een cellulair "signaal" kan opwekken en tot een reactie in het organisme kan leiden. De huid is geen geïsoleerd orgaan. Ze communiceert via de bloedsomloop en het perifere zenuwstelsel met de andere weefsels van het lichaam. De mogelijkheid van een systemische respons is geopperd om de hypoalgetische effecten van millimetergolven te verklaren. Deze reactie lijkt een thermisch effect op het niveau van de huid te vereisen (Radzievsky et al., 2004), zodat het onwaarschijnlijk is dat dit ook in

athermische omstandigheden kan voorkomen. Dit punt is echter nog niet ernstig bestudeerd en zal in toekomstig onderzoek aan bod moeten komen.

We moeten hier onthouden dat het onderzoek naar bio-elektromagnetisme een veeleisend multidisciplinair onderzoek is dat enerzijds nauwe betrekkingen tussen fysici en biologen veronderstelt en anderzijds de opname van veel controles in de protocollen. Om in aanmerking te komen voor de opname in een strenge, objectieve, collectieve risicoanalyse moet een experimenteel onderzoek *minimaal* bestaan uit: een karakterisering van de blootstelling van het monster (dosimetrie), een controle van de blootstelling (schijnblootstelling), een temperatuurcontrole en een blinde gegevensanalyse (zonder kennis van de blootstellingsstatus van het monster), om de belangrijkste vertekeningen in de resultaten te voorkomen (Simkó e.al. 2016).

In het epidemiologisch onderzoek is de enige grootschalige aan radiofrequentieblootstelling gewijde *prospectieve* cohortstudie de Europese Cosmos-studie (<http://www.thecosmosproject.org/>). Cosmos mobiliseert 6 Europese landen en volgt bijna 300.000 mensen voor chronische ziekten (kanker, cardiovasculaire, neurologische aandoeningen) en een reeks symptomen (hoofdpijn, tinnitus, enz.). Het lijkt belangrijk dat men deze internationale studie financieel steunt om ze te bestendigen vooraleer men andere studies overweegt. 5G zal immers worden opgenomen in de blootstellingsbronnen van Cosmos; de beoordeling van de blootstelling aan 5G brengt complexe problemen met zich mee en zal bijkomende menselijke middelen vergen.

Ten slotte zullen metingen van de blootstelling van de bevolking aan 5G nodig zijn om te bepalen aan welk vermogen de bevolking zal worden blootgesteld en in welke mate 5G de gemiddelde blootstelling van de bevolking zal doen toenemen. Onlangs is in Zuid-Korea een voorstudie uitgevoerd (CETIM-rapport, december 2019). Zuid-Korea is gekozen omdat dat land het verst staat in termen van gebruikers en dekking. In deze studie werden experimentele metingen van de blootstelling aan elektromagnetische velden uitgevoerd om de bijdrage van 5G te bepalen in vergelijking met andere frequenties zoals 2G, 3G en 4G. De resultaten van de studie tonen aan dat de 5G-emissie ongeveer 15% van het totale niveau bedraagt. Het hoogste niveau werd waargenomen nabij de antenne en bleef onder de door de ICNIRP vastgestelde limieten.



Figuur 2: Vergelijking van de elektrische veldsterkte [V/m] van de 5G TDD (grijze band onderaan) in verhouding met de samenvoeging van de verschillende diensten op verschillende frequenties

### 3.4 Références

- ANSES, 2019. Rapport préliminaire sur l'Exposition de la population aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie de communication « 5G » et effets sanitaires associés.
- Bush, L.G.; Hill, D.W.; Riaz, A.; Stensaas, L.J.; Partlow, L.M.; Gandhi, O.P., 1981. Effects of millimeter-wave radiation on monolayer cell cultures. III. A search for frequency-specific athermal biological effects on protein synthesis. *Bioelectromagnetics*, 2, 151–159.
- Chuyan, E. N., et N. S. Tribat. 2016. Changes in effector function of sensory peptidergic perversascular fibers after multiple exposures to low-intensity millimeter radiation. *Human Physiology* 42 (4):438-443.
- Dasgupta S, Wang G, Simonich MT, Zhang T, Truong L, Liu H, Tanguay RL. 2020. Impacts of high dose 3.5 GHz cellphone radiofrequency on zebrafish embryonic development PLOS ONE. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235869>
- Di Ciaula, A. 2018. Towards 5G communication systems: Are there health implications? *Int J Hyg Environ Health* 221 (3):367-375
- Franchini, V., Regalbuto, E., De Amicis, A., De Sanctis, S., Di Cristofaro, S., Coluzzi, E., Marinaccio, J., Sgura, A., Ceccuzzi, S., Doria, A., Gallerano, G., Giovenale, E., Ravera, G., Bei, R., Benvenuto, M., Modesti, A., Masuelli, L. and Lista, F., 2018. Genotoxic Effects in Human Fibroblasts Exposed to Microwave Radiation. *Health Physics*, 115(1), pp.126-139.

- Gapeyev, A. B., et N. A. Lukyanova. 2015. Pulse-modulated extremely high-frequency electromagnetic radiation protects cellular DNA from the damaging effects of physical and chemical factors in vitro. *Biophysics* 60(5):732-738.
- Haas, A. J., Y. Le Page, M. Zhadobov, R. Sauleau, et Y. Le Drean. 2016. Effects of 60-GHz millimeter waves on neurite outgrowth in PC12 cells using high-content screening. *Neurosci Lett* 618:58-65.
- Habauzit, D., C. Le Quement, M. Zhadobov, C. Martin, M. Aubry, R. Sauleau, et Y. Le Drean. 2014. Transcriptome analysis reveals the contribution of thermal and the specific effects in cellular response to millimeter wave exposure. *PLoS ONE* 9 (10):e109435
- Hamnerius, Y., A. Rasmuson, et B. Rasmuson. 1985. "Biological effects of high-frequency electromagnetic fields on *Salmonella typhimurium* and *Drosophila melanogaster*." *Bioelectromagnetics* 6 (4):405-14.
- ICNIRP 2020. Guidelines for Limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Physics*. Vol 118(5), 483-524
- Kojima, M., Y. Suzuki, C. Y. Tsai, K. Sasaki, K. Wake, S. Watanabe, M. Taki, Y. Kamimura, A. Hirata, K. Sasaki, et H. Sasaki. 2015. "Characteristics of ocular temperature elevations after exposure to quasi- and millimeter waves (18-40 GHz)." *Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves* 36 (4):390-399.
- Kostoff RN, Herouxb P, Aschnerc M, Tsatsakisd M. 2020. Adverse health effects of 5G mobile networking technology under real-life conditions. *Toxicology Letters* 323: 35–40
- Koyama, S., E. Narita, Y. Shimizu, Y. Suzuki, T. Shiina, M. Taki, N. Shinohara, J. Miyakoshi. 2016. Effects of long-term exposure to 60 GHz millimeter-wavelength radiation on the genotoxicity and heat shock protein (HSP) expression of cells derived from human eye. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 13 (8).
- Koyama, S., E. Narita, Y. Suzuki, T. Shiina, M. Taki, N. Shinohara, et J. Miyakoshi. 2014. Effects of long-term exposure to 60 GHz millimeter-wave on genotoxicities in cells derived from human eye. *IEEE*
- Le Quement, C., C. N. Nicolaz, D. Habauzit, M. Zhadobov, R. Sauleau, et Y. Le Drean. 2014. Impact of 60-GHz millimeter waves and corresponding heat effect on endoplasmic reticulum stress sensor gene expression. *Bioelectromagnetics* 35 (6):444-451.
- Mumtaz S, Bhartiya P, Kaushik N, Adhikari M, Lamichhane P, Lee SJ, Kumar Kaushik N, Choi EN. 2020. Pulsed high-power microwaves do not impair the functions of skin normal and cancer cells in vitro: A short-term biological evaluation. *Journal of Advanced Research* 22:47–55
- Myers P.C., Sadowsky N.L., Barrett A.H. Microwave thermography ; principles, methods and clinical applications. *J. Microwave Power*, 1979, 14, (2) 105-115.
- Nguyen, T., Pham, V., Nguyen, S., Baulin, V., Croft, R., Phillips, B., Crawford, R. and Ivanova, E., 2016. The Bioeffects Resulting from Prokaryotic Cells and Yeast Being Exposed to an 18 GHz Electromagnetic Field. *PLOS ONE*, 11(7), p.e0158135.
- Radzievsky A, Gordiienko O, Cowan A, Alekseev A, Ziskin M. 2004. Millimeter wave induced hypoalgesia in mice: Dependence on type of experimental pain. *IEEE Trans Plasma Sci* 32:1634–1643.
- Rapport d'expertise CETIM. 2019: Mesure de l'exposition au rayonnement radiofréquence de la téléphonie 5G-NR en Corée du sud N° CET0174794\_PV\_FINAL\_01\_a
- Romanenko, S., P. H. Siegel, D. A. Wagenaar, et V. Pikov. 2014. Effects of millimeter wave irradiation and equivalent thermal heating on the activity of individual neurons in the leech ganglion. *J Neurophysiol* 112 (10):2423-2431.

- Russell, C. L. 2018. 5 G wireless telecommunications expansion: Public health and environmental implications. *Environ Res* 165:484-495.
- Shiina, T., Y. Suzuki, Y. Kasai, Y. Inami, M. Taki, et K. Wake. 2014. Effect of two-times 24 hour exposures to 60 GHz millimeter-waves on neurite outgrowth in PC12VG cells in consideration of polarization. *International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Tokyo (EMCTokyo)*.
- Simkó, M. and Mattsson, M.O., 2019. 5G Wireless Communication and Health Effects—A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), p.3406.
- Simkó, M., Remondini, D., Zeni, O., Scarfi, M. R. 2016. Quality Matters: Systematic Analysis of Endpoints Related to “Cellular Life” in Vitro Data of Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2016, 13, 701
- Sypniewska, R., Millenbaugh, N., Kiel, J., Blystone, R., Ringham, H., Mason, P. and Witzmann, F., 2010. Protein changes in macrophages induced by plasma from rats exposed to 35 GHz millimeter waves. *Bioelectromagnetics*, 31(8), pp.656-663.
- Vlasova, I., Mikhalechik, E., Gusev, A., Balabushevich, N., Gusev, S. and Kazarinov, K., 2018. Extremely high-frequency electromagnetic radiation enhances neutrophil response to particulate agonists. *Bioelectromagnetics*, 39(2), pp.144-155.
- Volkova, N., Pavlovich, E., Gapon, A. and Nikolov, O., 2014. Effects of Millimeter-Wave Electromagnetic Exposure on the Morphology and Function of Human Cryopreserved Spermatozoa. *Bulletin of Experimental Biology and Medicine*, 157(5), pp.574-576.
- Wu H, Wang D, Shu Z, Zhou H, Zuo H, Wang S, Li Y, Xu X, Li N, Peng R. 2012. Cytokines produced by microwave-radiated Sertoli cells interfere with spermatogenesis in rat testis. *Andrologia*, 44, 590–599
- Wu, T., T. S. Rappaport, et C. M. Collins. 2015. Safe for generations to come: Considerations of safety for millimeter waves in wireless communications. *IEEE Microwave Magazine* 16 (2):65-84.

## 4 Specifieke economische gevolgen

### 4.1 Macro-economische aspecten

#### 4.1.1 Introductie

Dit rapport behandelt naast de meer medische, gezondheid gerelateerde & technologisch aspecten van niet ioniserende straling, tevens de micro & macro economische aspecten van deze cruciale schakel in de huidige communicatie technologie. De informatie hieronder weergegeven betreft een momentopname waarin een overzicht geboden wordt van de macro en micro economische krachten die een invloed uitoefen op mobiele communicatie en technologie. Deze informatie vormt geen waardeoordeel, noch informeert het de lezer aangaande de al dan niet bewezen gevolgen van het gebruik van deze technologie.

#### 4.1.2 COVID 19

Velen voorspelden dat 2020 het jaar zou zijn waarin de mobiele technologie van de vijfde generatie (5G) zou materialiseren voor eindgebruikers. De overstap naar 5G zal evenwel niet van de ene op de andere dag gebeuren. De uitrol is gepland om de komende tien jaar geleidelijk te evolueren. De evolutie van 5G begint met de consumentenmarkt: de nieuwste Android-smartphones zijn voorzien van 5G-connectiviteit en Apple lanceerde in de herfst zijn eerste 5G-smartphone. Veel wereldwijde aanbieders van communicatiediensten (CSP's) bieden nu op zijn minst een beperkte 5G-dekking; 2020 was het jaar om die dekking uit te breiden en 5G onder een breder publiek te brengen (Morley, 2020).

Niemand had echter voorspeld dat de wereld zo ontwricht zou worden door de COVID-19-pandemie. Op 9 juni 2020 zijn wereldwijd bijna 7,2 miljoen gevallen van COVID-19 gemeld, samen met minstens 407.000 doden. Het grootste deel van de wereld heeft ten minste een periode van door de overheid opgelegde lockdown gehad en de meeste scholen wereldwijd zijn momenteel gesloten. Hoewel alle bedrijfstakken tot op zekere hoogte door deze verstoring zijn getroffen, waren de grootste negatieve gevolgen voor sommigen sectoren zoals de toeristische sector en de horeca sector (Morley, 2020).

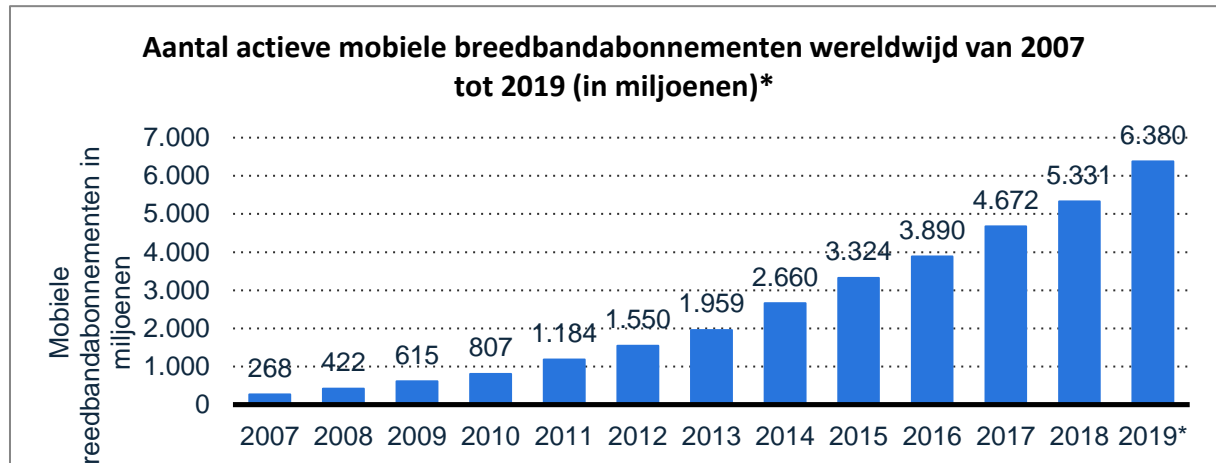
Doordat veel mensen van thuis uit blijven werken, is het belang van de telecomsector duidelijker geworden. Zowel fysieke als draadloze communicatienetwerken hebben dramatische veranderingen in het gebruik ondergaan en hebben redelijk standgehouden gegeven het toegenomen gebruik ervan. De sector heeft de negatieve financiële gevolgen van de pandemie gevoeld en zal dit blijven doen totdat deze voorbij is; hoewel ze relatief klein zijn in vergelijking met andere industrieën. Verder werpt dit de vraag op hoe COVID 19 de geplande uitrol van 5G wereldwijd zal beïnvloeden (Morley, 2020).

Dit is een belangrijke vraag die verder gaat dan alleen de financiële gezondheid van de telecomsector. De uitrol van 5G is gepland in stappen die volgen op de publicatie van industrie standaarden. 5G staat nog maar bij de eerste stap: het verbetert de vierde generatie draadloze technologie (4G), maar vereist nog steeds 4G. De belofte van 5G materialiseert echter enkel mits de bijkomende ontwikkelingen die voorzien zijn in de komende jaren ook effectief kunnen worden gerealiseerd. Onder deze omstandigheden is het dus afwachten of de nodige ontwikkelingen ook gerealiseerd zullen worden (Morley, 2020).

#### 4.1.3 Wereldwijde en Europese markten voor de 5G-mobiele sector: het verwachte aantal mobiele abonnementen en mobiel verkeer - Test- en implementatiefasen

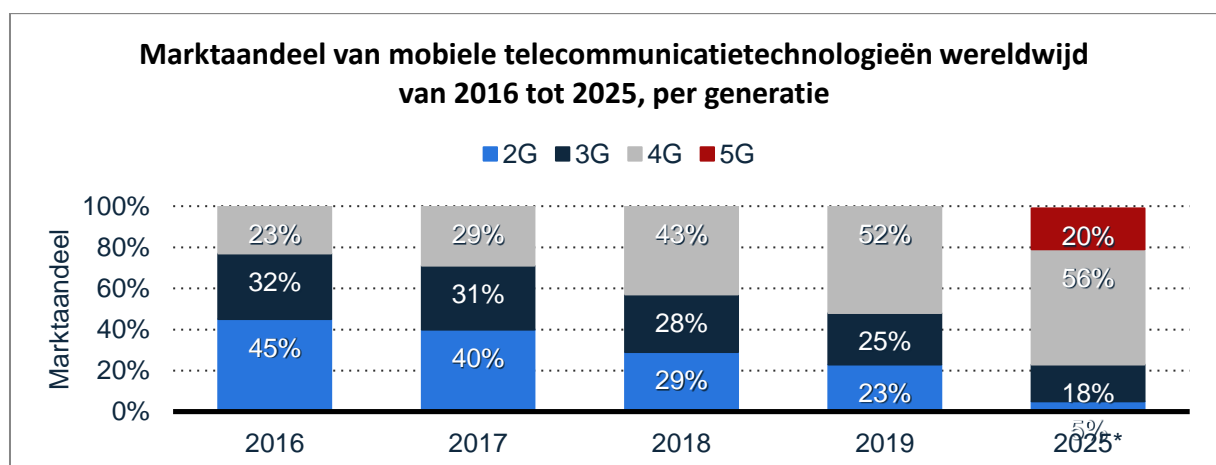
Figuur 1 biedt een overzicht van het aantal actieve mobiele breedbandabonnementen wereldwijd. Deze cijfers weergegeven voor de periode 2007-2019 geven een stijgende trend weer waar een duidelijke verdubbeling in het aantal abonnementen waarneembaar is over de periode 2015-2019. Zodoende vertraagt de verdubbeling van het aantal abonnementen, maar is desalniettemin een stijging merkbaar.

Figuur 1. Actieve mobiele breedband abonnementen wereldwijd. (ITU, 2019)



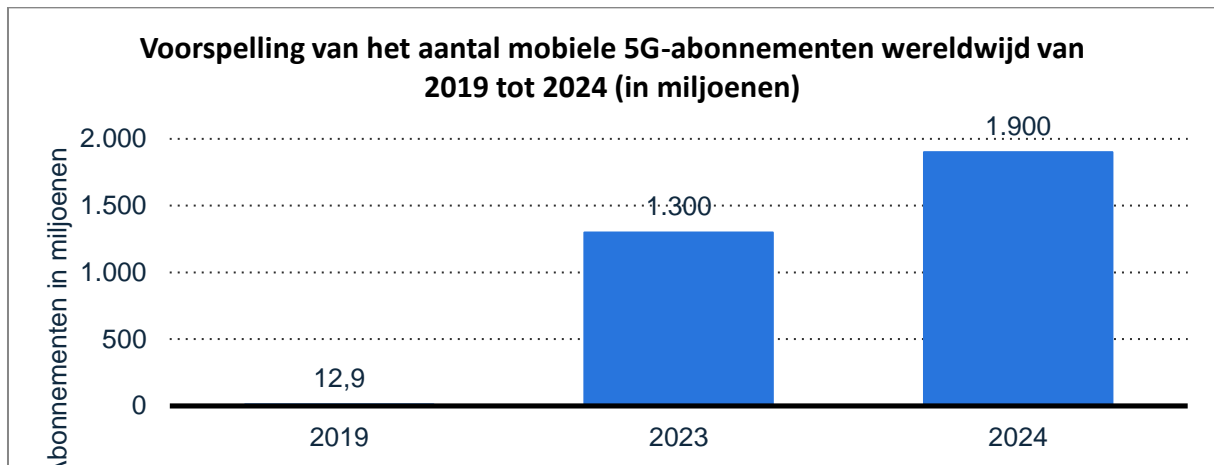
Figuur 2 geeft het marktaandeel weer van mobiele telecom technologieën dewelke wereldwijd gehanteerd worden. Deze cijfers maken gewag van een mogelijk marktaandeel inzake mobiel markt aandeel voor 5G van 20% vanaf het jaar 2025. Wat opvalt is de faciliterende 4G technologie die tevens in 2025 alsnog een belangrijke rol zal spelen ter ondersteuning van de 5G technologie. Dit 20% marktaandeel vertegenwoordigt, zoals ook zichtbaar in figuur 3, ongeveer 2 miljard 5G abonnementen zoals geschat voor het jaar 2024-2025.

Figuur 2. Markt aandeel mobiele telecom technologieën wereldwijd. (GSMA, 2020)



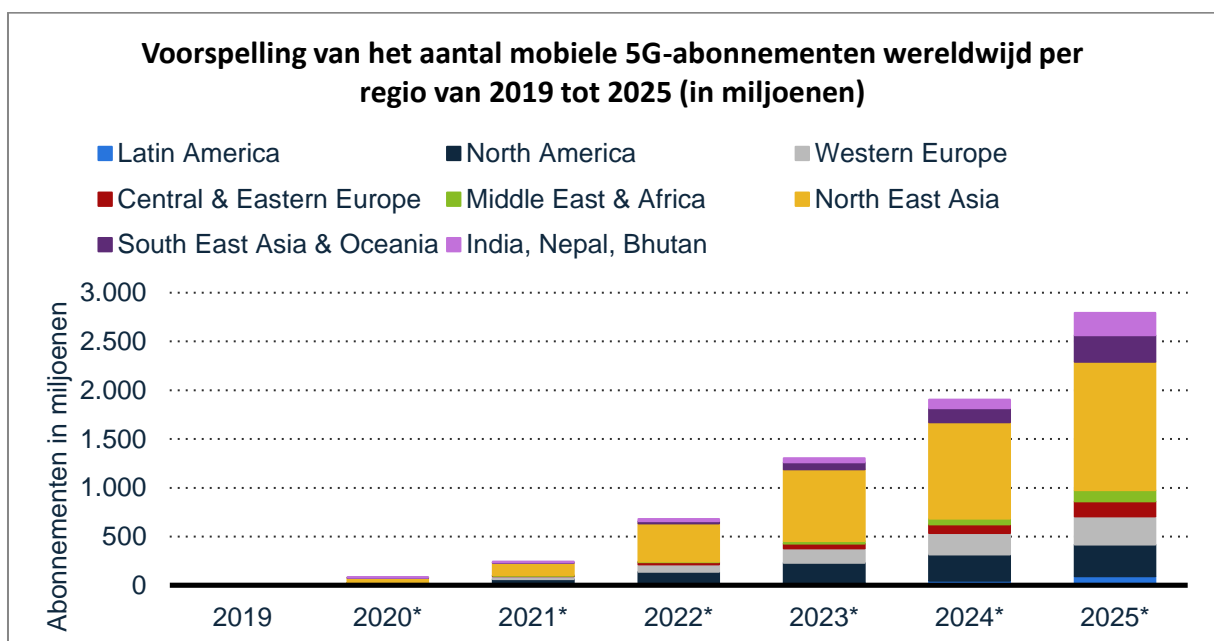


Figuur 3. Voorspelling van het aantal mobiele 5g abonnementen wereldwijd. (5G Americas, 2020)

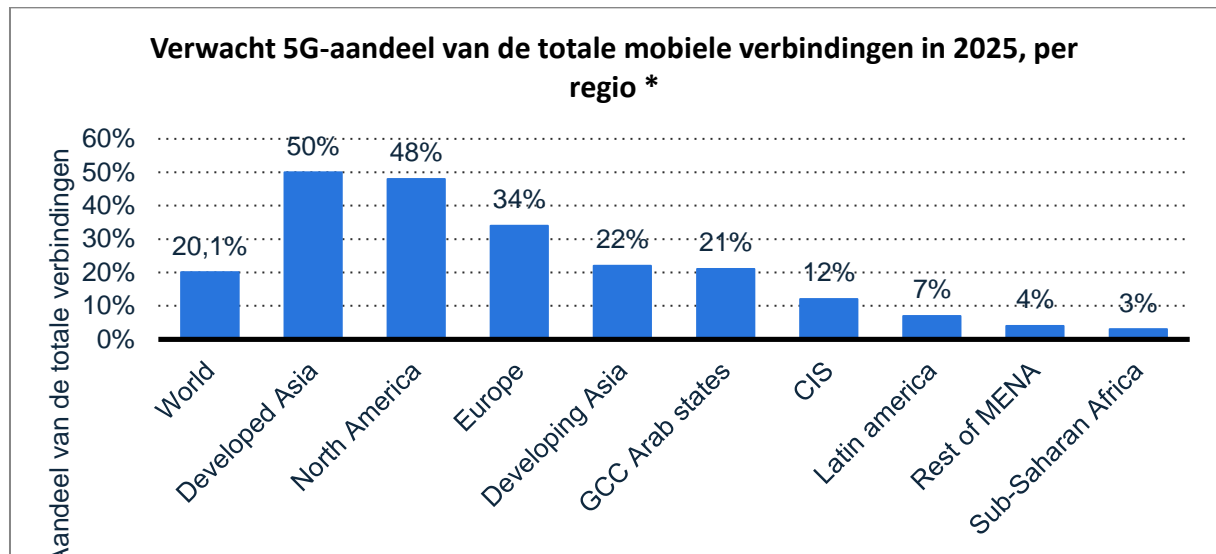


In de schattingen aangaande het aantal mobiele 5G abonnementen wereldwijd valt verder op dat het leeuwendeel van de aansluiting in Noord Oost Azië zullen worden afgesloten. Zodoende verwacht men dat de adoptie van deze technologie snel zal gaan in landen zoals China, Zuid-Korea & Japan.

Figuur 4. Voorspelling van het aantal mobiele 5g-abonnementen wereldwijd per regio. (Ericsson, 2020)



Figuur 5. Verwacht 5G-aandeel van de totale mobiele verbindingen in 2025 per regio. (GSMA, 2020)

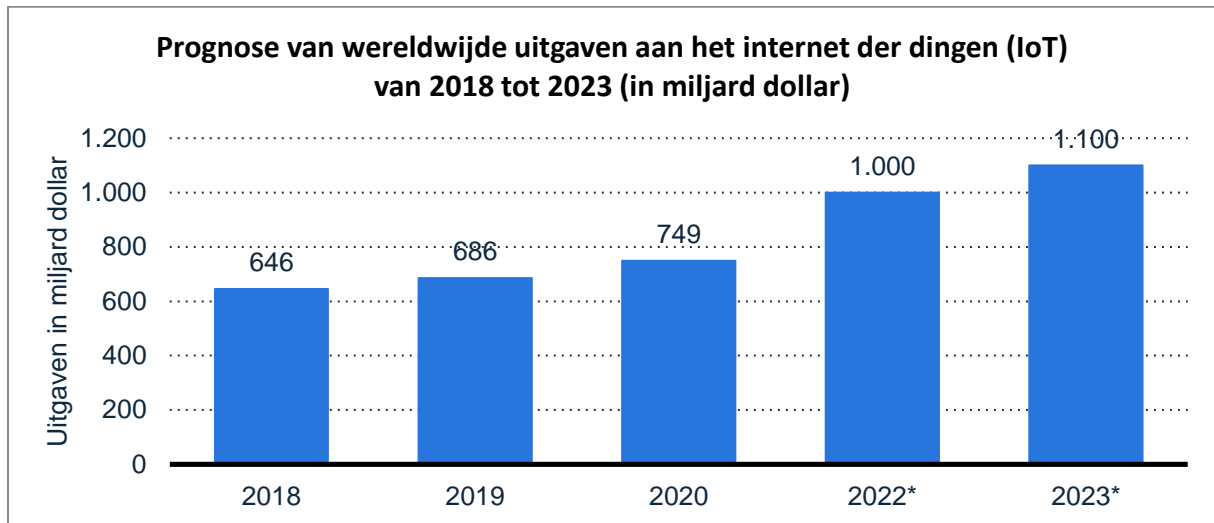


#### 4.1.4 Groeimotor

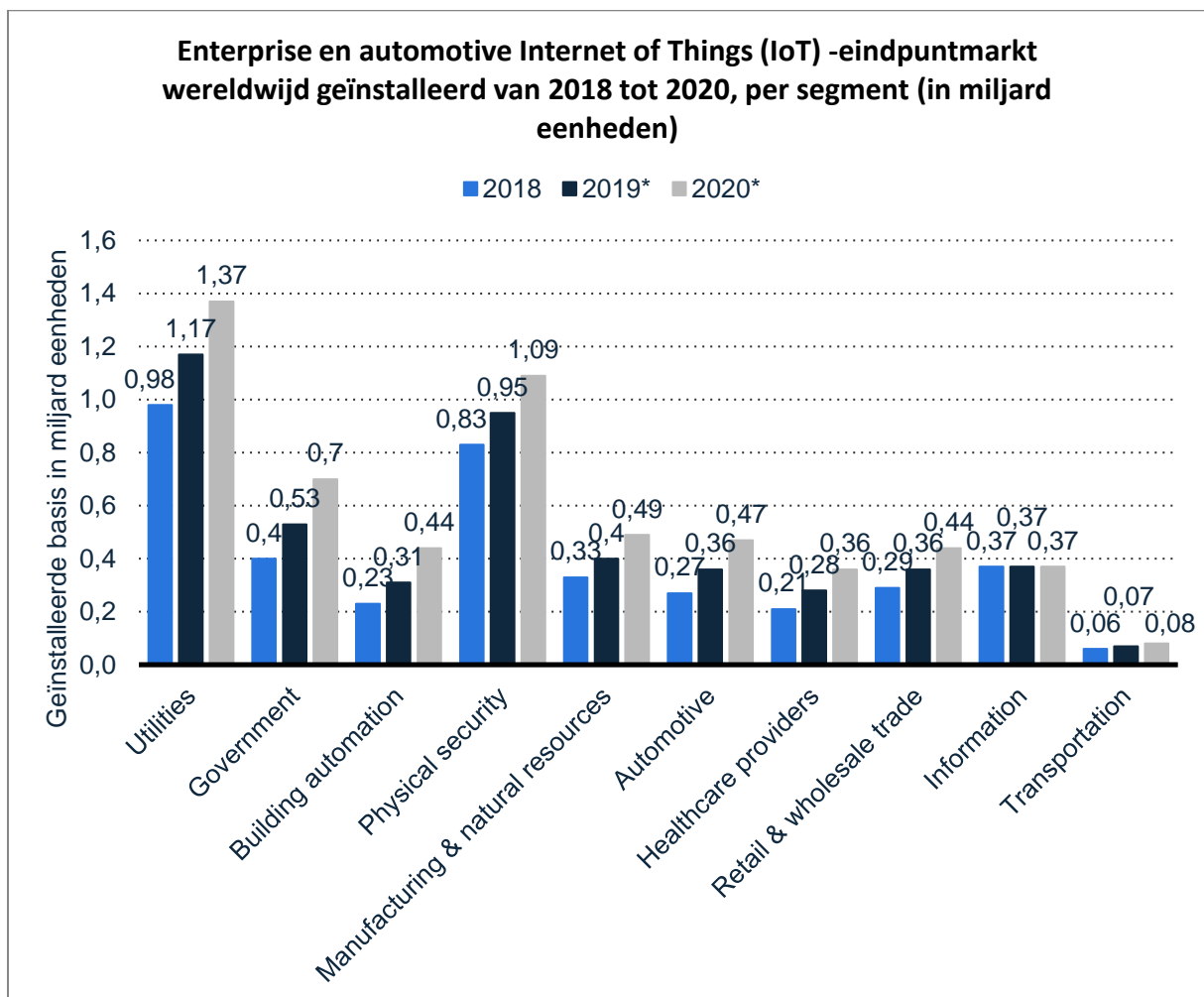
5G wordt algemeen beschouwd als een faciliterende technologie dewelke een impact zal kennen op verschillende sectoren, industrieën en markten. Hieronder worden gegevens getoond dewelke gerelateerd zijn aan een aantal geselecteerde markten, waarvan verwacht wordt dat 5G een sterke impact zal hebben in hun verdere groei.

De eerste markt waar in deze naar gekeken wordt is de IoT markt. Deze markt groeit gestaag, maar verwacht wordt dat deze groei zal toenemen omwille van de uitrol van 5G.

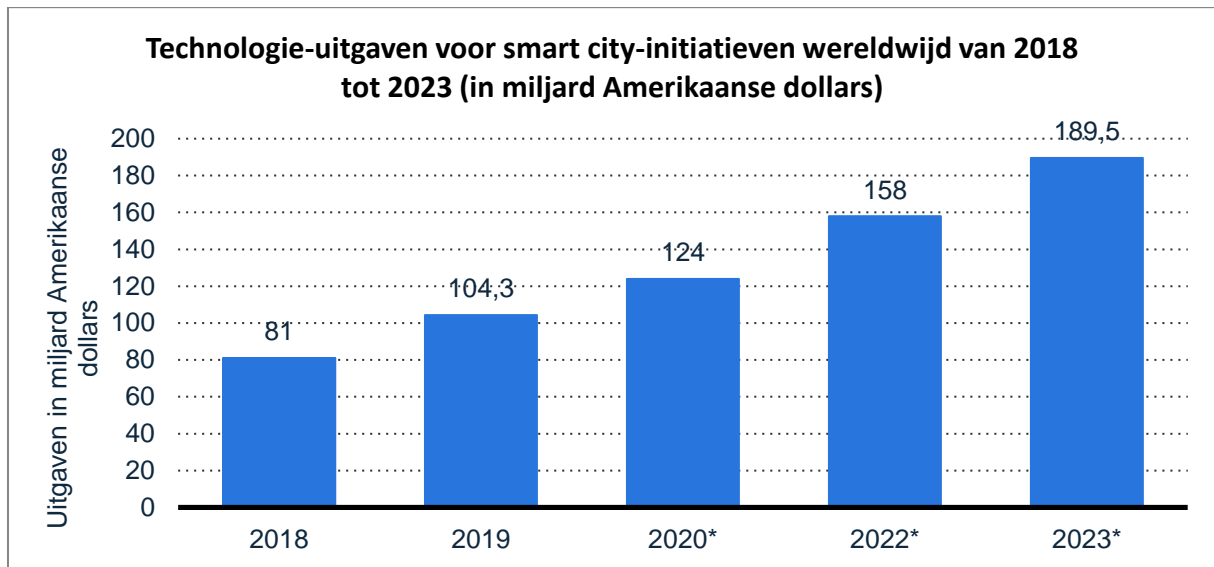
Figuur 6. Prognose van wereldwijde uitgaven aan het internet der dingen (IoT). (IDC, 2020)



Figuur 7. Enterprise en automotive Internet of Things (IoT) -eindpuntmarkt wereldwijd geïnstalleerd van 2018 tot 2020, per segment. (Gartner, 2019)

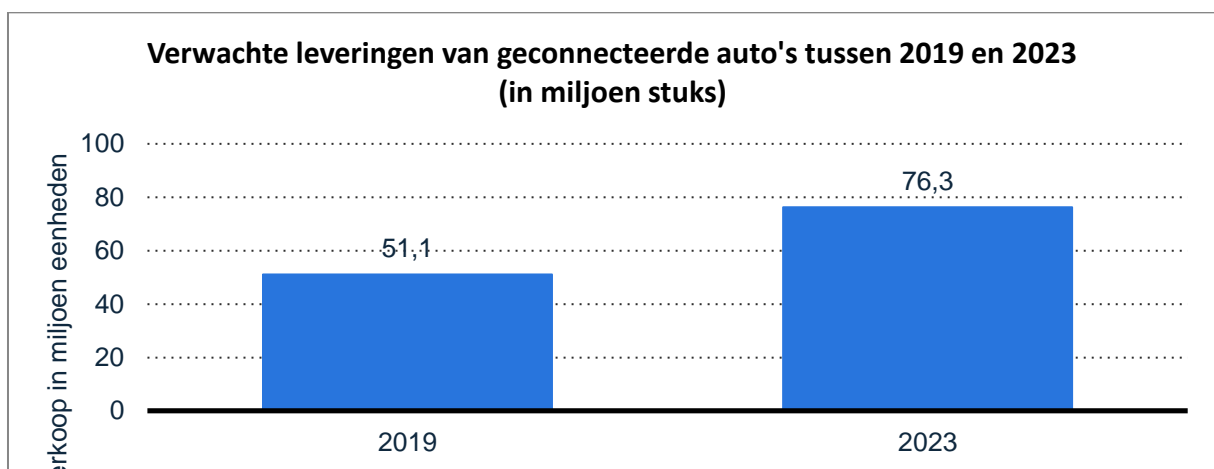


Figuur 8. Technologie-uitgaven voor smart-city initiatieven wereldwijd van 2018 tot 2023. (IDC, 2020)

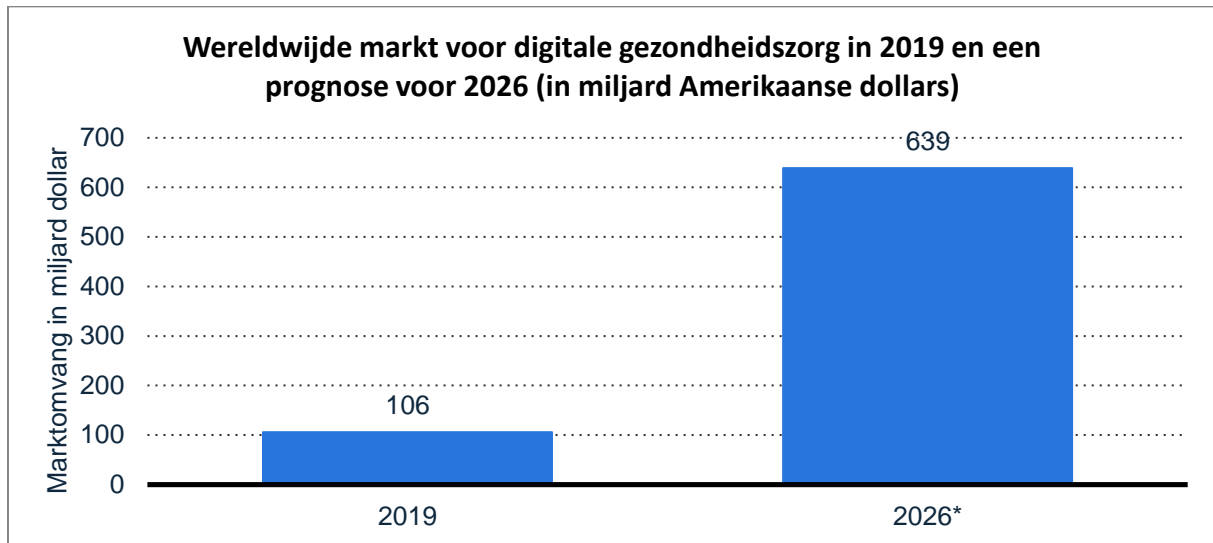


Naast de IoT toestellen en integratie zelf zullen ook producten in de nabijheid van deze technologie een invloed ondervinden van de verdere uitrol van 5G. Zodoende schat men dat smart city toepassingen en het gebruik van geconnecteerde wagens sterk zal toenemen van zodra 5G de mogelijkheden met deze toepassingen weet te faciliteren en zodoende de nodige flexibiliteit in deze zal mogelijk maken.

Figuur 9. Verwachte leveringen van geconnecteerde auto's tussen 2019 en 2023. (AP News, 2019)



Figuur 10. Wereldwijde markt voor digitale gezondheidszorg in 2019 en een prognose voor 2026. (Global Market Insights, 2019)



#### 4.1.5 Status van 5G

In 2020 verschilt de staat van 5G sterk per land; het blijft echter over het algemeen immatuur. Globaal wordt verwacht dat het gebruik van 5G technologie de verkoop van geassocieerde technologieën zal verhogen, middels de beloofde verhoogde efficiëntie, zodoende erin slagende om bestaande en nieuwe klanten aan te trekken in het mobiele telecom segment. Verder wordt verwacht dat 5G en de verdere uitrol van 5G zal leiden tot een economische impact op zowat alle sectoren. Omwille van sector gebonden karakteristieken zal de adoptie van 5G niet simultaan verlopen in de verschillende sectoren en regio's. Hierbij dient tevens in rekening te worden gebracht dat de 5G implementatie zal gestoeld worden op een standaardisatie proces wat tevens enige tijd vergt (Jones, 2020). IHS Markit (2017) schat evenwel dat ongeacht de verschillende beperkingen en de sector gebonden verschillen inzake de implementatie en dus exploitatie van deze nieuwe technologie deze tegen 2035 evenwel zal zorgen voor toegenomen verkopen over verschillende sectoren heen ten belope van 12.3 biljoen dollar (Campbell, et al., 2017).

IHS Markit stelt verder dat vooral de verwerkende industrie baat heeft bij de verdere implementatie van 5G, dit daar zij inschatten dat ongeveer 28% van de additionele verkopen ten gevolge van 5G voor rekening komen van deze industriële activiteiten. De ICT sector wordt ingeschat op 11% van de totale

toename aan verkopen. Verdere effecten worden geacht plaats te vinden in digitale medische toepassingen, slimme stadstoepassingen en ter ondersteuning van IoT toepassingen en geconnecteerde wagens (Campbell, et al., 2017).

#### 4.1.6 Werkgelegenheid

Op het vlak van werkgelegenheid schat IHS Markit in dat het uitrollen van 5G en de eraan gekoppelde waarde keten een positieve impact zal hebben op een select aantal technologische bedrijven. Deze omvatten o.a. netwerk operatoren, producenten van technologische kerncomponenten, OEM producenten van telco toestellen, telco infrastructuur producenten alsook de inhoud & applicatie ontwikkelaars. Daar deze bedrijven bijkomende investeringen dienen te maken in O&O en in kapitaalsinvesteringen ter ondersteuning van de verdere uitrol van 5G gaat het onderzoeksbureau ervan uit dat de 5G waardeketen in 2035 goed zal zijn voor een economische output ter waarde van 3.5 biljoen dollar en in staat zal zijn een 22 miljoen jobs te ondersteunen. De voornaamste regio's waar deze tewerkstelling zal worden gerealiseerd, volgen IHS Markit zijn China, De VS, Japan en enkele Europese koplopers (Campbell, et al., 2017).

#### 4.1.7 Belemmeringen.

De uitrol van 5G is in een aantal landen begonnen en praktijk ervaring wordt nu stelselmatig opgebouwd. De aan 5G gekoppelde innovatiemogelijkheden lopen zeker nog tot 2023, daar het ontwerpproces voor Release 17 pas begon eind 2019. Globaal, blijft 5G lijden onder immaturiteit, hype en onrealistische verwachtingen over functies en beschikbaarheidssets, voornamelijk veroorzaakt door leveranciersmarketing (Jones, 2020).

De belangrijkste huidige belemmeringen worden hieronder in meer detail toegelicht, zoals overgenomen van (Jones, 2020):

- De focus van R15 ligt op high-speed data - De belangrijkste focus van de huidige R15- implementaties is highspeed gegevens (bijv. voor toepassingen met streaming video of detectie

met hoge gegevensnelheid). Dit aspect vormt geen grote nood voor vele bedrijven en consumenten en biedt dan ook weinig voordelen.

- De vroege dekking is zeer onvolledig - Het duurt doorgaans tussen de vijf en zeven jaar voor een nieuwe generatie mobiele telefoons is uitgerold over een gans geografisch gebied. In veel gevallen blijft de 5G-dekking van een enkele operator beperkt (bijvoorbeeld tot specifieke steden of regio's). Millimetergolf 5G heeft een kort bereik, dus de dekking zal nooit verder reiken dan hotspots (bijv. bij hoge populatie stedelijke gebieden). In 2020 zou een mobiele gebruiker met een 5G-handset alles van 3G, tot Long Term Evolution (LTE) tot 5G kunnen gebruiken op hetzelfde moment. Belangrijk is evenwel dat 5G-dekking de komende jaren niet alomtegenwoordig zal zijn.
- De prestaties in de echte wereld zullen variabel zijn. Deze complexiteit resulteert in enorme variaties in bereik en prestatie. Hoge frequentiebanden leveren de hoogste snelheid (meer dan 1 Gbps), maar hebben een beperkt bereik (een paar honderd meter of minder). De prestaties in de echte wereld zijn waarschijnlijk zeer variabel, afhankelijk van de frequentiebanden die de operatoren hebben geïmplementeerd, de netwerkapparatuur die ze hebben gekocht, het type eindpunt apparaat, waar de gebruikers zich bevinden en hoe snel ze bewegen. Er is momenteel vrijwel geen ervaring met het gebruik van hoge band in bedrijfstoepassingen.
- Multinationale strategieën kunnen een uitdaging zijn - 5G kan worden ingezet in low- en midband frequenties en vier hoge-bandfrequenties. In de toekomst zullen waarschijnlijk meer frequentiebanden worden ondersteund. Er zijn evenwel momenteel geen endpoint-apparaten die ondersteuning bieden in alle mogelijke banden en weinigen (indien aanwezig) zullen dit doen in de toekomst. De apparatuur die in het ene land is gekocht, werkt mogelijk dus niet in het andere. Men kan evenwel terugvallen op LTE met lagere prestaties. Bovendien zal er vele jaren vertraging zijn tussen 5G-implementaties in de agressieve early adopters (bijv. de VS, China en Zuid-Korea) en volgers zoals veel landen in Afrika.
- Allianties tussen hyperscale cloudproviders en telco's suggereren de toekomstige richting van 5G edge computing - 5G kan verbindingen met hoge bandbreedte en lage latentie bieden (minder dan 1 milliseconde in bepaalde omstandigheden), waardoor het geschikt is voor real-time toepassingen, zoals gaming en industriële controle. Gebruikmakend van lage latentie en hoge bandbreedtevereisten edge computing. Sommige 5G-edge-implementaties gebruiken privéverwerking op locatie en in andere gevallen kan de netwerkoperator een Edge Cloud Service Provider (CSP) worden. Ondernemingen willen dat dergelijke edge-cloudsystemen zich aanpassen aan de cloudomgevingen die zij reeds gebruiken wat maakt dat er enkele vroege allianties ontstonden tussen netwerkoperators en CSP's (bijvoorbeeld Amazon en Microsoft) om dit aan te

bieden. De verwachting op de lange termijn is dat allianties het dominante model zullen worden voor enterprise 5G edge computing.

- Commerciële onvolwassenheid is een uitdaging - Veel netwerkoperatoren zijn nog bezig met het ontwikkelen van hun 5G aanbiedingen en in veel gevallen, kunnen zij nog geen functies verkopen zoals slicing of privé 5G-netwerken in een vorm die bedrijven willen. Serviceplannen en prijzen zullen dus tot 2022 behoorlijk evolueren.
- Real-world prestaties zijn veelbelovend - Vroege tests suggereren dat high- en midband 5G wel in staat zijn om indrukwekkende resultaten te genereren - enkele honderden Mbps in stedelijke gebieden en meer dan 1 Gbps voor een paar stedelijke, high-band voorbeelden. De prestaties zullen echter waarschijnlijk nog verder ontwikkelen naarmate de netwerkdekking groeit en 5G-netwerken meer abonnees krijgen.
- De apparaat markt blijft uitdagend tot en met 2020 - Aan het begin van 2020 waren er weinig 5G-apparaten. Handsets zijn dure premiumproducten en zakelijke apparaten (bijv. laptops en tablets) met geïntegreerde 5G zijn niet beschikbaar. De verwachting is dat gemiddeld geprijsde 5G-handsets verschijnen in 2021, samen met bedrijfsapparaten. Apparaten voor speciale doeleinden, zoals 5G robuuste industriële handhelds zullen waarschijnlijk opduiken, maar blijven schaars in 2020. Sommige innovaties voor ondernemingen vereisen R16-apparaten die op zijn vroegst in 2021 beschikbaar zullen zijn. Apparaten zoals augmented reality/ virtual reality (AR/ VR) headsets met geïntegreerde 5G zijn niet nog beschikbaar, hoewel tethering in sommige gevallen een tijdelijke oplossing kan bieden.
- Regelgevende instanties maken particuliere 5G-netwerken mogelijk - een van de meest interessante mogelijkheden applicaties van enterprise 5G is als alternatief voor wifi voor connectiviteit met hoge bandbreedte op grote campusgebieden, zoals havens, luchthavens, procesfabrieken, magazijnen en fabrieken. Regelgevers in verschillende landen (bijv. Duitsland, de VS en het VK) maken spectrum beschikbaar voor particuliere netwerken. Veel innovaties vereisen R16 - Veel van het ondernemingspotentieel van 5G vereist functies die pas beschikbaar zullen zijn vanaf R16, die pas rond 2021 in gebruik zal worden genomen.
- 5G is grotendeels irrelevant voor het Internet of Things (IoT) in 2020 - Er is veel hype geweest rond 5G en IoT. Afgezien van een paar speciale gevallen, levert 5G echter geen waarde aan IoT in 2020. Mobiele IoT-toepassingen met lage bandbreedte worden al goed ondersteund door de 4G NB-IoT en LTE-M-standaarden die algemeen verkrijgbaar zijn. 5G R16 zal deze normen absorberen, dus dit levert geen radicale technische verbeteringen op, behalve een grotere dichtheid, wat niet nodig is, omdat de bestaande NB-IoT- en LTE-M-netwerken niet zonder capaciteit komen te zitten. IoT is ook goed ondersteund door een breed scala aan concurrerende technologieën, waaronder



stedelijke mesh netwerken, zoals Wi-Sun en niet-cellulaire, low-power, wide-area (LPWA) - netwerken, zoals LoRa.

- Tot slot, blijft ook beveiliging is een punt van zorg - 5G is een complexe standaard die op veel verschillende manieren kan worden geïmplementeerd. Beveiligingsrisico's kunnen variëren, afhankelijk van hoe de operator het netwerk heeft geconfigureerd.

## 4.2 Micro-economische aspecten

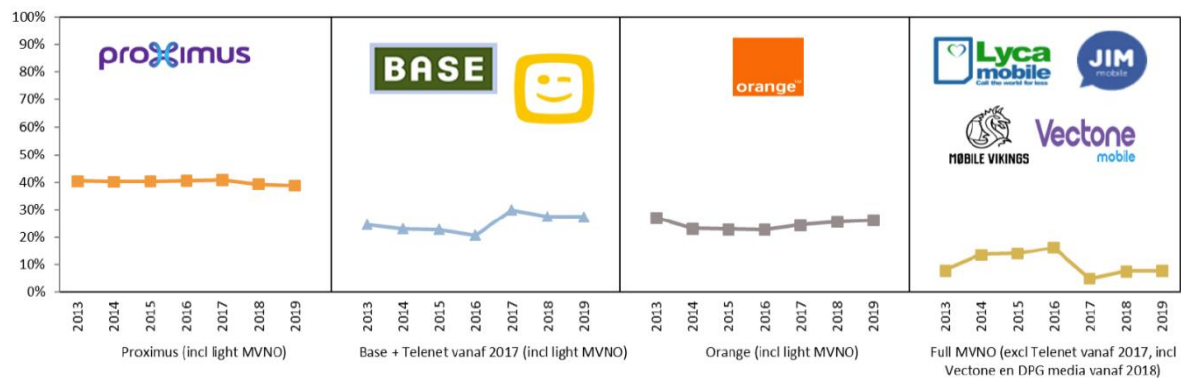
### 4.2.1 Situering mobiele telecomsector in België

#### 4.2.1.1 *De Belgische mobiele markt*

Het BIPT geeft in haar statistisch verslag van 2020 aan dat de mobiele markt, uitgedrukt in het aantal actieve simkaarten groeit met 0,3%. Dit is de eerste groei na drie jaren van daling op rij. Eind 2019 telden de Belgische mobiele providers 11.954.842 actieve simkaarten. De mobiele penetratiegraad ging wel licht achteruit tot 104,2%. In het segment prepaid simkaarten houdt de daling aan. Het segment loopt terug met 12,5%. De groei van het postpaid segment houdt verband met de verplichte registratie van de prepaid-simkaarten sinds eind 2016 (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020).

De mobiele netwerkkoperatoren (inclusief light MVNO's) lieten een geringe groei optekenen van 16.335 actieve simkaarten om een totaal te bereiken van 11.027.306. De full MVNO's kregen er 21.772 actieve simkaarten bij. Met 928.000 actieve simkaarten zijn de full MVNO's eind 2019 goed voor 7,8% van het totaal aantal actieve simkaarten. Vooral Orange doet de markt groeien. Met iets meer dan 71.000 nieuwe actieve simkaarten op jaarbasis groeit het marktaandeel van Orange met 0,5% tot [20-30]%. Zowel Telenet als Proximus verliezen marktaandeel (respectievelijk -0,1% en -0,5%). De kloof tussen marktleider Proximus en Orange is sedert 2017 met bijna 4 procentpunten afgenomen van 17% naar 13% (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020).

Figuur 11. Marktaandeel mobiele operatoren in België 2019. (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020)



De actieve datasimkaarten groeiden in 2019 met 15% om een totaal te bereiken van 10,037 miljoen, wat gedeeltelijk toe te schrijven is aan de verhoging van het aantal respondenten dat statistieken aanlevert aan het BIPT. Dit leidt tot een mobiele breedbandpenetratie van 87,5%. Datasimkaarten geassocieerd met smartphones tellen voor 96,1% van het totaal aantal actieve datasimkaarten. Hun aantal nam toe met 16,5% tot 9,644 miljoen. In contrast hiermee staat de verdere afname van de datasimkaarten in pc's/ tablets: -6,6% tot 392.924 (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020).

Op het 4G-netwerk zijn ruim 8.067.996 simkaarten actief, wat 80% van het totaal aantal actieve simkaarten vertegenwoordigt. Bij de mobiele netwerkoperatoren (MNO) genereert 82,1% van de actieve simkaarten 4G-trafiek, een toename met 2,1% ten opzichte van 2018. De convergentie tussen vast en mobiel zet zich verder door: het aantal simkaarten die gekoppeld zijn aan een vaste dienst stijgt met 20% tot 3.056.240. In verhouding tot het totaal aantal postpaysimkaarten groeit hun aandeel van 28,1% naar 32,3% (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020).

Op de IoT-markt werd een recordaantal van 637.106 extra m2m-kaarten geactiveerd door de mobiele netwerkoperatoren, waarmee het totaal eind 2019 op 3,104 miljoen uitkomt. De grote stijging van m2m houdt voornamelijk verband met het Smart meterproject van Proximus met de Vlaamse

energienetbeheerder Fluvius, naast een voortdurende groei van reguliere m2m-kaarten. Zoals aangekondigd op 8 mei 2018 lanceerde Proximus zijn NB-IoT-netwerk voor de aansluiting van de digitale meters van Fluvius. In opdracht van IBM en Sagemcom zal Proximus tegen eind 2022 1,3 miljoen digitale meters verbinden voor gas en elektriciteit. M2m simkaarten die worden ondersteund door traditionele cellulaire technologie zoals 2G, 3G en 4G vormen het grootste deel van de m2m verbindingen (96%). Cellulaire LPWA-verbindingen<sup>29</sup> die werken in een vergund spectrumnetwerk, zoals narrowband Internet of Things (NB-IoT) en Long Term Evolution mobile (LTE-M), blijft beperkt tot de resterende 4% van het totaal aantal m2m simkaarten. Ook LPWA-netwerken zonder vergund spectrum zoals Sigfox en LoRa leggen zich toe op IoT-toepassingen. In België wordt een Sigfox netwerk uitgebraat door Engie m2m, een dochterbedrijf van Engie. Dit netwerk wordt onder meer gebruikt voor industriële track & trace van rolcontainers. Via het netwerk worden ook watermeters verbonden onder meer in Antwerpen en in bepaalde kustgemeenten. IoT op basis van een LoRa netwerk wordt aangeboden door Proximus. De bandbreedte van een LoRa netwerk is kleiner dan bij NB-IoT en een LoRa netwerk is niet simkaart gerelateerd. Eind 2019 zijn ongeveer 121.000 objecten geconnecteerd via de LPWA-netwerken zonder vergund spectrum van Engie en Proximus (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020).

#### *4.2.1.2 Het mobiele spraakverkeer*

Het mobiel spraakvolume liet de voorbije jaren een continue stijging zien: gemiddeld 3,4% per jaar tussen 2016-2018. De groei werd gestimuleerd door de vervanging van tariefplannen met betaling volgens gebruik door tariefplannen met onbeperkt bellen en door tariefplannen met grotere inbegrepen volumes. Ook in 2019 zet de stijgende trend zich verder: de mobiele spraakminuten die retailklanten van Belgische mobiele providers genereren (exclusief roaming) neemt toe met 2,9% en het roaming spraakvolume zelfs met 7,5%. Het volume van bijna alle oproeptypen groeit, met uitzondering van de internationale mobiele oproepen die 8% afnemen van 0,7 naar 0,6 miljard minuten. Het gemiddeld maandelijks spraakvolume steeg in 2019 met 4 minuten (+3,2%) tot 128 minuten. Het gemiddeld maandelijks spraakvolume van postpaid MNO klanten (168 minuten) is 8 keer hoger dan van prepaid MNO klanten (21 minuten) (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020).

#### 4.2.1.3 *Mobiele datagebruik*

In 2019 verbruikten mobiele abonnees 59% meer data dan in 2018 om uit te komen op 324 petabytes. Op het thuisnetwerk groeit het verbruik met 61% tot 300 petabytes. Het roaming out volume neemt met 46% toe van 17 tot 24 petabytes. Het gemiddelde dataverbruik per actieve datasimkaart bereikt 2,9 gigabyte per maand. De stijging met 1 gigabyte per maand is de sterkste stijging sinds 2016. 4G datasimkaarten generen 91% van het datavolume van de MNO's. Een 4G datasimkaart verbruikt gemiddeld 3,2 gigabyte per maand terwijl dit bij een 3G datasimkaart slechts 1,6 gigabyte per maand is (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020).

#### 4.2.1.4 *Omzet telecom operatoren*

De afname van het prepaid segment ten voordele van postpaid en de vast-mobiele convergentietrend dragen bij aan de vermindering van het aantal simkaarten dat wordt gedisconnecteerd van het mobiele netwerk: -2,1% tot 2.160.649. In verhouding tot het gemiddeld aantal actieve simkaarten op jaarbasis bedraagt de churn 20,1%, 0,5 procentpunten lager dan de 20,6% in 2018. Het gebruik van mobiele nummeroverdraagbaarheid loopt terug: in vergelijking met 2018 vinden er 170.183 minder mobiele porteringen plaats. De ratio mobiele porteringen/gedisconnecteerde simkaarten daalt van 63% naar 56%, wat aangeeft dat de mobiele nummers minder vaak mee worden overgedragen wanneer de simkaart wordt gedisconnecteerd van het netwerk (Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020).

De mobiele omzet van de mobiele netwerkoperatoren nam af tot 3,46 miljard euro (-2,2%), voornamelijk door de lagere wholesale-omzet uit virtuele netwerkoperatoren (-44%) als gevolg van de migratie van Telenet MVNO klanten naar het eigen mobiel netwerk. Daarnaast speelt ook de dalende omzet uit sms-interconnectie een rol (-10%). De retail dienstenomzet blijft met 2,170 miljard euro vergelijkbaar met 2018. De groei in mobiele abonnementen en in mobiel dataverbruik wordt omgezet in omzetgroei uit spraak, sms en data (+0,8%) maar dit wordt quasi volledig teniet gedaan door de lagere omzet uit retail roaming (-12,8%). Alleen Orange wist in 2019 een omzetgroei uit retaildiensten te halen (exclusief apparatuur en m2m). De retailomzet uit diensten van Orange steeg met 4,5%. Proximus zag zijn retailomzet uit mobiele diensten krimpen met 0,8% en Telenet verloor 3,6% (Belgisch

Instituut voor postdiensten en telecommunicatie, 2020). De gemiddelde maandelijkse opbrengst uit mobiele diensten stabiliseerde op 17,3 euro per actieve simkaart.

## 4.2.2 Rechtstreekse en onrechtstreekse bijdrage aan de economische ontwikkeling van de Belgische digitale sector en bijdrage aan de reactie

### 4.2.2.1 De ICT-sector in België: belang en inbreng van het telecommunicatiesegment

De barometer van de informatiemaatschappij 2020 uitgegeven door de FOD Economie, KMO, Middenstand & Energie verschaft de volgende definitie van de ICT in België:

Tabel 1. Definitie van de ICT sector. (FOD Economie, K.M.O. Middenstand & Energie, 2020)

|      |                                                                                                                                     |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 26.1 | Vervaardiging van elektronische onderdelen en printplaten                                                                           |
| 26.2 | Vervaardiging van computers en randapparatuur                                                                                       |
| 26.3 | Vervaardiging van communicatieapparatuur                                                                                            |
| 26.4 | Vervaardiging van consumentenelektronica                                                                                            |
| 26.8 | Vervaardiging van magnetische en optische media                                                                                     |
| 46.5 | Groothandel in informatica- en communicatieapparatuur (46.51 - 46.52)                                                               |
| 58.2 | Uitgeverijen van software (58.21 - 58.29)                                                                                           |
| 61   | Telecommunicatie (61.1 - 61.2 - 61.3 - 61.9)                                                                                        |
| 62   | Ontwerpen en programmeren van computerprogramma's, computerconsultancy- en aanverwante activiteiten (62.01 - 62.02 - 62.03 - 62.09) |
| 63.1 | Gegevensverwerking, webhosting (63.11 - 63.12)                                                                                      |
| 95.1 | Reparatie van computers en communicatieapparatuur en aanverwante activiteiten; webportalen (95.11 - 95.12)                          |

(a) OECD Guide to measuring the information society, 2011, p 58-59, 149-159.

Deze definitie omvat duidelijk rubriek 61, namelijk Telecommunicatie, dewelke verder wordt onderverdeeld in rubrieken 61.1,3,3 & 9. In 2018 waren 43.170 ondernemingen actief in de ICT-sector in België. Dat cijfer is met 7 % gestegen in vergelijking met 2017. Vooral tak 62 heeft bijgedragen tot die groei, aangezien het aantal ondernemingen in die tak tijdens de betrokken periode met meer dan 6 % is gestegen. Bijna 99 % van de bedrijven in de ICT-sector verricht activiteiten van diensten en handel. Tak 62 telt 73,4 % van het totaal van de bedrijven in de ICT-sector. Een andere interessante

vaststelling is dat meer dan 85 % van de bedrijven in de ICT-sector micro-ondernemingen met 1 tot 4 werknemers zijn.

De omzet van de ICT-sector bedroeg circa 40 miljard euro in 2018, een toename met 13 % tegenover 2017. De takken 58.2 (+80 %) en 46.5 (+41 %) lieten de sterkste omzetgroei zien. De grootste omzetsdaling doet zich voor in de takken 95.1 (-9 %), 26.2 (-6 %) en 26.4 (-3 %). Meer dan 93 % van de omzet van de ICT-sector wordt gegenereerd door de dienstentakken (incl. handel), met name de takken 61 en 62. De industriële takken (voornamelijk takken 26.1 en 26.3) genereren slechts bijna 7 % van de sectoromzet. De netto toegevoegde waarde van de Belgische ICT-sector bedroeg in 2018 16,7 miljard euro, een toename met 9 % tegenover 2017. De grootste bijdrage tot die groei wordt geleverd door tak 58.2 (+52 %). Tak 62 registreerde een groei met meer dan 17 %. De toegevoegde waarde in alle industriële takken is gedaald tijdens de periode 2017-2018 (FOD Economie, K.M.O. Middenstand & Energie, 2020).

De branches van de dienstenactiviteiten vormen veruit de grootste bijdrage aan de omzet en de toegevoegde waarde van de ICT-sector in België met respectievelijk 93,43 % en 92,77 %. Daarbinnen zijn de branches 61 en 62 de drijvende krachten, die elk meer dan 1/3 van de omzet en de toegevoegde waarde van de sector genereren. De bedrijfstakken vertegenwoordigen minder dan 10 % van de omzet en de toegevoegde waarde; de belangrijkste bijdrage wordt geleverd door branche 26.1 (FOD Economie, K.M.O. Middenstand & Energie, 2020).

#### *4.2.2.2 Omzet en investeringen van de telecomsector in België*

De cijfers van de FOD economie tonen verder aan dat het aantal bedrijven actief in de telecom industrie in België terugliep tot 2016, maar sindsdien een stijgende trend vertoont. In 2018 betrof het aantal ondernemingen actief in deze sector 4351 ondernemingen een stijging met ongeveer 4% ten opzichte van het vorige jaar.

Tabel 2. Demografie van de ICT ondernemingen in België. (Highlight Telecom)

| NACE          | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          | 2017          | 2018          |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 26.1          | 148           | 156           | 162           | 133           | 173           | 178           |
| 26.2          | 191           | 178           | 177           | 175           | 127           | 126           |
| 26.3          | 100           | 94            | 95            | 86            | 72            | 64            |
| 26.4          | 84            | 85            | 86            | 86            | 78            | 75            |
| 26.8          | 9             | 7             | 6             | 7             | 6             | 6             |
| 46.5          | 1.764         | 1.748         | 1.746         | 1.741         | 1.780         | 1.771         |
| 58.2          | 553           | 558           | 573           | 596           | 655           | 714           |
| 61            | 6.232         | 4.830         | 3.979         | 3.769         | 4.181         | 4.351         |
| 62            | 23.495        | 24.220        | 25.478        | 27.106        | 29.251        | 31.692        |
| 63.1          | 2.599         | 2.681         | 2.821         | 2.958         | 3.101         | 3.253         |
| 95.1          | 931           | 934           | 933           | 910           | 925           | 940           |
| <b>TOTAAL</b> | <b>36.106</b> | <b>35.491</b> | <b>36.056</b> | <b>37.567</b> | <b>40.349</b> | <b>43.170</b> |

Bron: Btw-aangiften (2013-2018), FOD Economie - Algemene Directie Statistiek - Statistics Belgium.

De omzet gegenereerd door de telecom industrie in België is relatief stabiel zoals ook aangetoond door de cijfers gerapporteerd door de FOD Economie. Dit omzet cijfer van om en bij de 12 miljard Euro bleef sinds 2014 quasi ongewijzigd.

Tabel 3. Omzet van de ICT sector (in duizend euro)

|               | 2014              | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 26.1          | 1.391.158         | 1.562.371         | 1.737.689         | 1.748.223         | 1.742.911         |
| 26.2          | 79.797            | 83.193            | 92.577            | 103.995           | 97.557            |
| 26.3          | 617.160           | 579.939           | 609.562           | 651.094           | 651.685           |
| 26.4          | 135.389           | 157.556           | 123.285           | 120.413           | 116.885           |
| 26.8          |                   |                   |                   |                   |                   |
| 46.5          | 3.437.817         | 3.689.292         | 4.221.687         | 5.569.429         | 7.831.402         |
| 58.2          | 99.505            | 104.372           | 116.933           | 149.386           | 268.274           |
| 61            | 11.621.355        | 11.935.497        | 11.946.863        | 11.870.692        | 11.773.193        |
| 62            | 8.840.786         | 10.203.702        | 11.368.960        | 12.352.671        | 14.238.056        |
| 63.1          | 2.406.985         | 2.476.190         | 2.515.880         | 2.582.432         | 2.943.047         |
| 95.1          | 64.496            | 83.973            | 53.003            | 55.720            | 50.661            |
| <b>TOTAAL</b> | <b>28.694.447</b> | <b>30.876.085</b> | <b>32.786.438</b> | <b>35.204.056</b> | <b>39.713.670</b> |

Bron: Bel-first (Bureau Van Dijk) - Eigen berekeningen.

Ook wat betreft de toegevoegde waarde, dewelke gegenereerd wordt door de telecom sector in België kan men stellen dat deze relatief stabiel is en om en bij de 5 à 6 miljard Euro betreft.



Tabel 4. Netto toegevoegde waarde in de Belgische ICT sector (in duizend euro)

|               | 2014              | 2015              | 2016              | 2017              | 2018              |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 26.1          | 541.650           | 677.487           | 691.898           | 694.207           | 625.666           |
| 26.2          | 39.956            | 43.646            | 52.169            | 59.429            | 43.174            |
| 26.3          | 417.547           | 400.742           | 435.012           | 488.567           | 483.704           |
| 26.4          | 51.473            | 52.449            | 56.872            | 57.766            | 56.380            |
| 26.8          | 2.303             | 1.771             | 1.852             | 1.678             |                   |
| 46.5          | 447.019           | 426.847           | 566.881           | 639.439           | 727.180           |
| 58.2          | 83.653            | 98.857            | 101.895           | 124.259           | 188.357           |
| 61            | 5.419.285         | 5.485.912         | 5.612.078         | 5.599.117         | 5.750.983         |
| 62            | 4.474.054         | 4.847.055         | 5.597.790         | 6.216.049         | 7.302.868         |
| 63.1          | 1.260.371         | 1.320.699         | 1.376.218         | 1.373.433         | 1.511.552         |
| 95.1          | 42.569            | 42.569            | 36.732            | 37.442            | 35.811            |
| <b>TOTAAL</b> | <b>12.779.882</b> | <b>13.398.034</b> | <b>14.529.398</b> | <b>15.291.386</b> | <b>16.725.674</b> |

Bron: Bel-first (Bureau Van Dijk) - Eigen berekeningen.

De tewerkstelling binnen het telecom segment vertoont evenwel een dalende trend op Belgisch niveau. Zo gingen in de periode 2015-2018 ongeveer een 2000 jobs verloren binnen de sector.

Tabel 5. Aantal tewerkgestelde werknemers in de ICT sector in België, 2015-2019

|               | 2015          | 2016          | 2017           | 2018           | 2019           |
|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| 26.1          | 4.122         | 4.169         | 4.219          | 4.322          | 4.419          |
| 26.2          | 503           | 482           | 491            | 512            | 453            |
| 26.3          | 2.591         | 2.635         | 2.634          | 2.692          | 2.625          |
| 26.4          | 151           | 157           | 148            | 138            | 155            |
| 46.5          | 13.176        | 12.481        | 11.661         | 11.627         | 11.702         |
| 58.2          | 792           | 744           | 708            | 623            | 552            |
| 61            | 21.425        | 21.518        | 20.627         | 19.542         | 19.130         |
| 62            | 46.642        | 50.888        | 55.086         | 59.367         | 64.209         |
| 63.1          | 5.176         | 5.289         | 6.290          | 6.932          | 7.203          |
| 95.1          | 1.000         | 1.128         | 914            | 902            | 920            |
| <b>TOTAAL</b> | <b>95.578</b> | <b>99.491</b> | <b>102.778</b> | <b>106.657</b> | <b>111.368</b> |

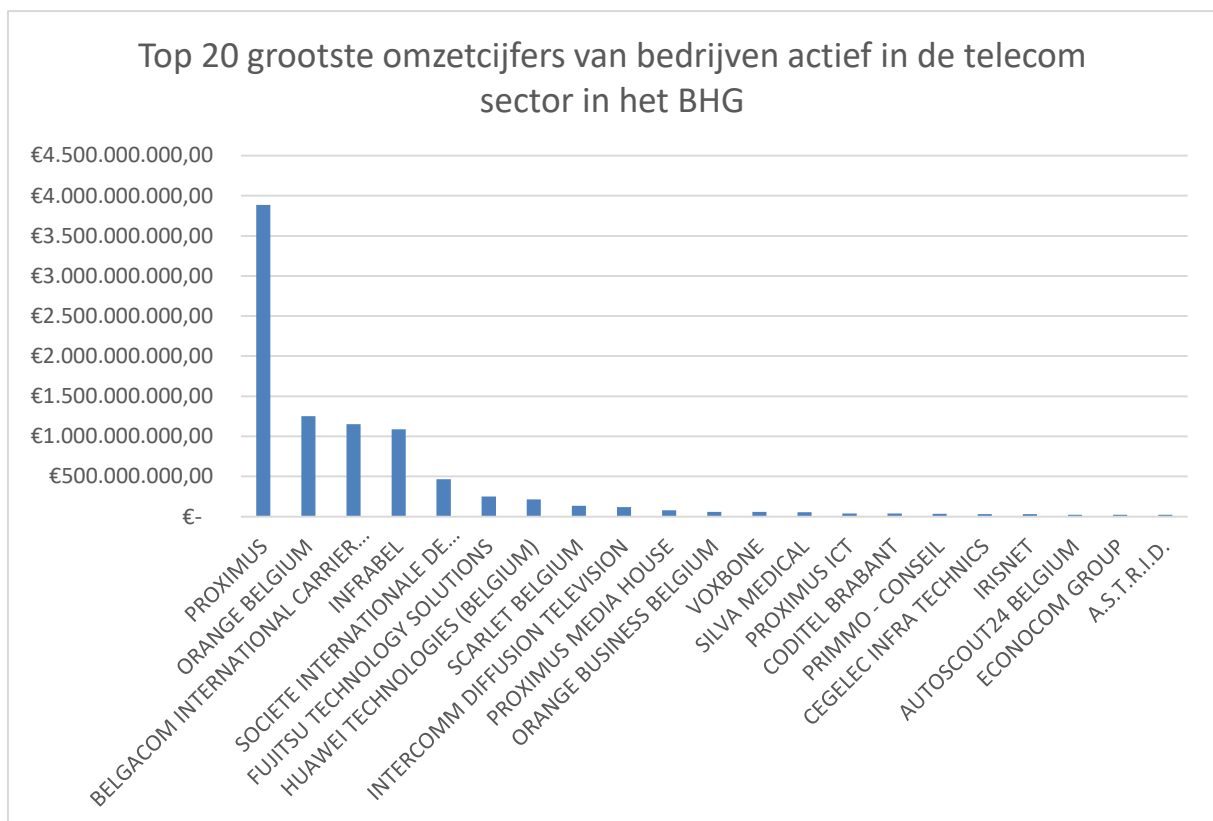
Bron: RSZ.

### 4.2.3 Economische situatie van de telecomsector in het BHG

De BEL FIRST databank van Bureau Van Dijk, dewelke alle kengetallen van de Belgische ondernemingen bevat rapporteert dat er in de telecomsector in het BHG 1142 ondernemingen actief zijn op het moment van opzoeking (december 2020). Van deze 1142 ondernemingen zijn er 510 ondernemingen waarvoor tewerkstellingscijfers beschikbaar zijn en 530 ondernemingen waarvoor omzet cijfers beschikbaar zijn. De zoekstrategie gehanteerd om deze gegevens te achterhalen, wordt getoond in tabel 6.

De totale gerapporteerde omzet voor de sector betreft € 9.286.253.270,00 voor de laatst beschikbare jaren. Dit aandeel is relatief groot tov de ruimere Belgische regio, dit gegeven de vestigingsplaatsen van de voornaamste telecom operatoren in Brussel. Qua tewerkstelling rapporteren deze ondernemingen een totaal van 16.637 tewerkgestelde FTE of voltijdse equivalenten en dit voor de laatste beschikbare jaren.

Figuur 12. Top 20 grootste omzetcijfers van telecom bedrijven in het BHG. (Bron auteur)



Tabel 6. Zoekstrategie economische situatie van de telecomsector in het BHG. (Bron auteur)

| ZOEKSTRATEGIE                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Bewaren | Afdrukken | Verwijder alle zoekstappen         |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------|------------------------------------|
| <input type="checkbox"/>                                   | 1. BVD ID-nummer                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |         |           | Stapresultaat 0<br>Zoekresultaat 0 |
| <input checked="" type="checkbox"/>                        | 2. NACE-BEL 2008, Alle codes: 611 - Draadgebonden telecommunicatie, 612 - Draadloze telecommunicatie, 613 - Telecommunicatie via satelliet, 619 - Overige telecommunicatie                                                                                                                                                                                          |         |           | 3.134 3.134                        |
| <input checked="" type="checkbox"/>                        | 3. Gewest, provincie, arrondissement & gemeente: Brussels hoofdstedelijk gewest                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |           | 172.638 1.142                      |
| <input checked="" type="checkbox"/>                        | 4. Omzet, gebruik makend van schattingen: Alle bedrijven met een bekende waarde, Laatst beschikbare jaar, Laatst jaar -1, Laatst jaar -2, Laatst jaar -3, Laatst jaar -4, Laatst jaar -5, Laatst jaar -6, Laatst jaar -7, Laatst jaar -8, Laatst jaar -9, voor tenminste één v/d geselecteerde periodes (unconso, accounts preferred, NRF are excluded)             |         |           | 496.760 530                        |
| <input checked="" type="checkbox"/>                        | 5. Aantal werknemers, gebruik makend van schattingen: Alle bedrijven met een bekende waarde, Laatst beschikbare jaar, Laatst jaar -1, Laatst jaar -2, Laatst jaar -3, Laatst jaar -4, Laatst jaar -5, Laatst jaar -6, Laatst jaar -7, Laatst jaar -8, Laatst jaar -9, voor tenminste één v/d geselecteerde periodes (unconso, accounts preferred, NRF are excluded) |         |           | 506.676 510                        |
| Booleaanse selectie 2 En 3 En 4 En 5 <span>Hernieuw</span> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |         |           | TOTAAL : 510                       |

## 4.3 Bibliografie

- 5G Americas. (2020). *Forecast number of mobile 5G subscriptions worldwide from 2019 to 2024*. Consulté le 2020, sur 5G Americas:  
<https://i1.wp.com/www.5gamericas.org/wp-content/uploads/2019/12/5G-growth-1.png?ssl=1>
- AP News. (2019). *Worldwide Connected Vehicle Shipments Forecast to Reach 76 Million Units by 2023, According to IDC*. Consulté le 2020, sur apnews.com:  
<https://apnews.com/press-release/pr-businesswire/d72b6ba2039540aabccce8f1e96721edc>
- Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie. (2020). *Mededeling van de Raad van het BIPT van 30 juni 2020 betreffende de status van de elektronische communicatie- en televisiemarkt in 2019*. BIPT.
- Campbell, K., Diffey, J., Flanagan, B., Morelli, B., O'Neil, B., & Sideco, F. (2017). *The 5G economy: How 5G technology will contribute to the global economy*. IHS Economics & IHS Technology. IHS Markit.
- Ericsson. (2020). *Ericsson Mobility Visualizer*. Consulté le 2020, sur Mobility report:  
<https://www.ericsson.com/en/mobility-report/mobility-visualizer?f=1&ft=1&r=4,3,5,6,2,7,8,9&t=1&s=4&u=1&y=2011,2025&c=1>
- FOD Economie, K.M.O. Middenstand & Energie. (2020). *Barometer van de informatiemaatschappij 2020*. FOD Economie, K.M.O., Middenstand & Energie.
- Gartner. (2019). *Gartner Newsroom*. Consulté le 2020, sur Gartner Says 5.8 Billion Enterprise and Automotive IoT Endpoints Will Be in Use in 2020:  
<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-08-29-gartner-says-5-8-billion-enterprise-and-automotive-iot>
- Global Market Insights. (2019). *Digital Health Market Size By Technology*. Consulté le 2020, sur gminsights.com: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/digital-health-market>
- GSMA. (2020). *The Mobile Economy*. Récupéré sur The Mobile Economy 2020:  
[https://www.gsma.com/mobileeconomy/#key\\_stats](https://www.gsma.com/mobileeconomy/#key_stats)
- GSMA. (2020). *The Mobile Economy 2020*. GSMA intelligence.
- IDC. (2020). *New IDC Spending Guide Forecasts \$124 Billion Will Be Spent on Smart Cities Initiatives in 2020*. Consulté le 2020, sur idc.com:  
<https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46016320>
- IDC. (2020). *Worldwide Spending on the Internet of Things Will Slow in 2020 Then Return to Double-Digit Growth, According to a New IDC Spending Guide*. Consulté le 2020, sur idc.com: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46609320>
- ITU. (2019). *Number of active mobile broadband subscriptions worldwide from 2007 to 2019*. ITU. ITU.nt.
- Jones, N. (2020). *Innovation Opportunities Will Be Enabled as 5G Evolves Through 2025*. Gartner.
- Morley, T. (2020). *COVID 19 Impacts on telecom & 5G - Growth opportunities with the next generation of mobile technology*. Frost & Sullivan.

## 5 Algemene conclusie

**Over de toepassing van de ordonnantie**, het comité is van oordeel dat LB de controlemetingen en de simulaties correct, nauwgezet en 'to the point' uitvoert. Het comité merkt op dat de positieve evolutie in de procedures zich verderzet. Het comité staat positief tegenover de inspanningen die werd gedaan om de metingen verder te verbeteren.

Het comité wenst te benadrukken dat de nieuwe 5G-standaard belangrijke veranderingen teweeg zal brengen in de methoden voor het meten van de stralingsniveaus. Het comité moedigt LB aan om de nodige anticiperende inspanningen te blijven leveren om zoveel mogelijk rekening te houden met deze veranderingen, om een discrepantie tussen de 5G-norm en de metingen op het terrein te vermijden. Gezien de expertise die is opgebouwd rond de karakterisering van de straling van 4G en het voorbereidende werk dat LB heeft verricht, heeft het comité vertrouwen in de expertise van LB om deze uitdaging aan te gaan.

**Wat de technische kant betreft**, 5G is nodig om de stijgende vraag naar meer capaciteit te beantwoorden. 5G brengt een aantal technische innovaties, die het mogelijk maken om aan de capaciteitsvraag te blijven voldoen. Essentieel moet hiervoor echter de hoeveelheid spectrum ( $W$ ), het aantal antennes ( $n$ ) en op termijn ook het ontvangen vermogen (en dus de toegestane veldsterkte) verhoogd kunnen worden.

Om optimaal meer spectrum ( $W$ ) en meer antennes ( $n$ ) te kunnen benutten, biedt 5G een aantal nieuwe technologieën aan:

- Massive MIMO technologie maakt het mogelijk om de grote hoeveelheid spectrum op hogere frequenties te benutten ( $W = 100$  MHz is voorzien voor de nieuwe licenties), maar dit kan slechts optimaal als ook het ontvangen vermogen  $P$  minstens evenredig kan stijgen, zodat de verhouding  $P/W$  goed blijft.
- Massive MIMO maakt het mogelijk om veel antennes te plaatsen op eenzelfde locatie ( $n$ ), maar dit geeft aanleiding tot actieve antennes waarvoor een aanpassing van de berekeningswijze die niet uitgaat van  $G_{max}$  aangewezen is.

**Met betrekking tot de mogelijke gevolgen voor de gezondheid**, zeer weinig studies zijn specifiek gericht op de 2 opkomende frequenties van 5G (3,5 en 26 GHz). Bovendien gebruiken de gepubliceerde studies zeer hoge veldsterkten vergeleken met de huidige telecommunicatienormen. Daarom kunnen deze studies geen accuraat beeld geven van de mogelijke effecten van een blootstelling aan 5G.

Voor de frequentieband rond 26 GHz hebben veel mensen zich op de studies met millimetergolven gebaseerd om voor moratorium op 5G te pleiten. Hoewel de millimetergolven 26 GHz benaderen, zijn hun frequenties hoger. De literatuur over de millimetergolven is overvloediger, maar niet noodzakelijk gericht op risicoanalyse, aangezien de meeste van deze studies mechanismen zoeken om de therapeutische effecten van deze golven te verklaren. Dat kan verwarrend zijn voor wie niet bekend is met het domein. Dit heeft geleid tot de publicatie van overzichten, geschreven door mensen die

nooit hebben gewerkt op het gebied van bio-elektromagnetisme en die alle gepubliceerde biologische effecten samenvoegen, zonder ze ooit te sorteren op basis van de gebruikte blootstellingsniveaus (Russel, 2018; Di Ciala, 2018; Kostoff et al., 2020). Deze publicaties geven een alarmerende boodschap die waarschijnlijk ongegrond is, aangezien deze effecten worden verkregen bij vermogensdichtheden die 10 tot 20 keer hoger zijn dan de toegestane limieten voor het grote publiek. Bij dit vermogen zijn thermische effecten mogelijk, hoewel niet alle auteurs de controles hebben uitgevoerd om dat te verifiëren. Bovendien is het interessant om op te merken dat enkele studies hebben aangetoond dat de effecten die zij hebben waargenomen louter thermisch waren en konden worden nagebootst door conventionele verwarming (Bush et al., 1981; Sypniewska et al., 2010; Le Quement et al., 2014; Habauzit et al., 2014; Vlasova et al., 2018).

Uit het oogpunt van de analyse van de gezondheidsrisico's mag men aannemen dat de lage frequenties van 5G (700 MHz en 3,5 GHz) geen verandering zullen brengen in de huidige situatie, waarin 3G en 4G de overhand hebben. Aan de andere kant kan het gebruik van frequenties rond 26 GHz de zaak veranderen, omdat de energie van deze golven voornamelijk door de huid wordt geabsorbeerd en minder diep in het lichaam doordringt (Wu et al., 2015). Men mag dus hopen dat deze geringe penetratie de veiligheid zal verhogen. Voorlopig is de enige resterende twijfel over de mogelijke gezondheidseffecten het mogelijke hogere risico op hersenkanker voor zware gsm-gebruikers. Met de afname van de penetratiekracht van de golven zullen de hersenen geen direct doelwit meer zijn van deze golven.

In termen van experimenteel onderzoek zal het niettemin interessant zijn om na te gaan of een grotere afzetting van energie op de huid een cellulair "signaal" kan opwekken en tot een reactie in het organisme kan leiden. De huid is geen geïsoleerd orgaan. Ze communiceert via de bloedsomloop en het perifere zenuwstelsel met de andere weefsels van het lichaam. De mogelijkheid van een systemische respons is geopperd om de hypoalgetische effecten van millimetergolven te verklaren. Deze reactie lijkt een thermisch effect op het niveau van de huid te vereisen (Radzievsky et al., 2004), zodat het onwaarschijnlijk is dat dit ook in athermische omstandigheden kan voorkomen. Dit punt is echter nog niet ernstig bestudeerd en zal in toekomstig onderzoek aan bod moeten komen.

We moeten hier onthouden dat het onderzoek naar bio-elektromagnetisme een veeleisend multidisciplinair onderzoek is dat enerzijds nauwe betrekkingen tussen fysici en biologen veronderstelt en anderzijds de opname van veel controles in de protocollen. Om in aanmerking te komen voor de opname in een strenge, objectieve, collectieve risicoanalyse moet een experimenteel onderzoek *minimaal* bestaan uit: een karakterisering van de blootstelling van het monster (dosimetrie), een controle van de blootstelling (schijn-blootstelling), een temperatuurcontrole en een blinde gegevensanalyse (zonder kennis van de blootstellingsstatus van het monster), om de belangrijkste vertekeningen in de resultaten te voorkomen (Simkó e.al. 2016).

In het epidemiologisch onderzoek is de enige grootschalige aan radiofrequentieblootstelling gewijde *prospectieve* cohortstudie de Europese Cosmos-studie (<http://www.thecosmosproject.org/>). Cosmos mobiliseert 6 Europese landen en volgt bijna 300.000 mensen voor chronische ziekten (kanker, cardiovasculaire, neurologische aandoeningen) en een reeks symptomen (hoofdpijn, tinnitus, enz.). Het lijkt belangrijk dat men deze internationale studie financieel steunt om ze te bestendigen vooraleer men andere studies overweegt. 5G zal immers worden opgenomen in de blootstellingsbronnen van Cosmos; de beoordeling van de blootstelling aan 5G brengt complexe problemen met zich mee en zal bijkomende menselijke middelen vergen.

Ten slotte zullen metingen van de blootstelling van de bevolking aan 5G nodig zijn om te bepalen aan welk vermogen de bevolking zal worden blootgesteld en in welke mate 5G de gemiddelde blootstelling van de bevolking zal doen toenemen.

**Naar micro-economische impact** toe kan geconcludeerd worden dat, een toename in mobiel dataverkeer op termijn tot structurele tekortkomingen zal leiden en dat bijgevolg bijkomende inspanningen in dit kader onontbeerlijk zijn. Deze inspanning lijken, op basis van de voorhanden zijnde prognoses, ook te zullen leiden tot een toename inzake investeringen en omzet, althans voor de voornaamste groep bedrijven die deel uitmaken van de ICT sector in Brussel. Effectief gerealiseerde meerwaarde zal evenwel enkel mogelijk worden wanneer duidelijkheid aangaande de 5G licenties bijkomende inspanningen rechtvaardigen en er tevens een beleidsmatig kader is waarin zulke investeringen tot meerwaarde kunnen leiden. Dusver lijken noch de gesproken operatoren, noch de toeleveranciers geneigd om nu reeds bijkomende inspanningen te leveren. Bijkomende kan worden nagegaan of er voor de korf aan economische activiteit voltrokken binnen het Brusselse grondgebied, naast de ICT sector, ook andere sectoren aanzienlijke winsten en of omzet kunnen realiseren ten gevolge van de implementatie van deze technologie. Dit laatste is momenteel onduidelijk en veroorzaakt een situatie waarin overleg tussen overheid, industrie en vertegenwoordigers van lokale belangenvertegenwoordigers wenselijk is, dit om zowel de potentiële toepassingen voor deze technologie, alsook bestaande noden aangaande deze technologie beter in kaart te brengen binnen de regio, alsook om inspanning in deze tevens te aligneren met de strategische beleidsprioriteiten voor de regio.

In elk geval wordt verwacht dat mobiele netwerken moeten rekening houden met een sterke stijging in de vraag naar capaciteit in de komende jaren. 5G is nodig om die stijgende vraag naar meer capaciteit te beantwoorden. 5G brengt een aantal technische innovaties, die het mogelijk maken om aan de capaciteitsvraag te blijven voldoen. Essentieel moet hiervoor echter de hoeveelheid spectrum (nieuwe licenties), het aantal antennes (meer kleine cellen en Massive MIMO) en ook het uitgestuurde vermogen verhoogd kunnen worden.

## 6 Bijlage: Betaalde vergoeding per lid in 2020

| Naam      | Voornaam  | Totaalbedrag (€) |
|-----------|-----------|------------------|
| BEAUVOIS  | Véronique | 300              |
| Aerts     | Geoffrey  | 100              |
| Le Dréans | Yves      | 100              |
| Hecq      | Walter    | 0                |
| Rolain    | Yves      | 200              |
| Erzeel    | David     | 200              |
| Selmaoui  | Brahim    | 100              |
| Pollin    | Sofie     | 200              |
| Lagroye   | Isabelle  | 0                |

## 7 Betaalde vergoeding per lid in 2019

| Naam      | Voornaam  | Totaalbedrag (€) |
|-----------|-----------|------------------|
| BEAUVOIS  | Véronique | 150              |
| Aerts     | Geoffrey  | 0                |
| Le Dréans | Yves      | 0                |
| Hecq      | Walter    | 100              |
| Rolain    | Yves      | 100              |
| Erzeel    | David     | 100              |
| Selmaoui  | Brahim    | 0                |
| Pollin    | Sofie     | 0                |
| Lagroye   | Isabelle  | 0                |