

Leefmilieu Brussel



Verslag van het comité van deskundigen inzake niet-ioniserende straling 2021

Voorzitter: Aerts, G.

Leden: Beauvois, V. – Cincera, M. – Erzeel, D. – Lagroye, I. – Pollin, S. – Rolain, Y. –
Selmaoui, B. – Thielens, A.

Inhoud

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	5
1.1.3	De interpretatie en de verwerking van de meetresultaten	5
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	Andere verbeteringen aan de simulator	5
1.1.6	Het bepalen van foutenbanden voor de metingen	6
1.1.7	Het bepalen van foutenbanden voor de simulaties	6
1.2	Inspanningen om informatie te verspreiden onder het publiek	6
1.3	Algemeen besluit van technische meetprotocol.....	7
2	5G technologie en gevolgen voor straling.....	8
2.1	Inleiding	8
2.2	5G types.....	8
2.2.1	Algemeen.....	8
2.2.2	NSA vs. SA	9
2.3	Frequentiebanden	10
2.3.1	700 MHz.....	10
2.3.2	2100 MHz.....	10
2.3.3	3500 MHz.....	11
2.3.4	1400 MHz.....	11
2.4	Duplexing type.....	11
2.4.1	FDD vs. TDD	11
2.4.2	FDD in BE	11
2.4.3	TDD in BE	11
2.5	Antennes	12
2.6	Carrier Aggregation (CA)	12
2.7	Mogelijkheden.....	12
2.7.1	IoT	12
2.7.2	4G of 5G in vrije (niet-licentieplichtige) banden	13
2.7.3	V2X diensten.....	13
2.7.4	MC (Mission Critical) Services	13

2.7.5	Private netwerken	13
2.8	Energieverbruik	14
2.9	Gemeten straling (in het buitenland)	14
2.10	Besluit	15
3	Gevolgen voor de gezondheid	16
3.1	Een overzicht van onderzoek naar radiofrequente blootstelling en dosimetrie van ongewervelden	16
3.1.1	Blootstelling van ongewervelden aan Draadloze Communicatiesystemen	16
3.1.2	RF-EM dosimetrie van ongewervelden	17
3.1.3	Conclusies	19
3.2	Een update van de wetenschappelijke studies over de gezondheidseffecten van 5G	20
3.2.1	Wetenschappelijke studies over 5G vanaf 2018	20
3.2.2	Conclusies	21
3.3	5G en insecten	21
3.3.1	Onderzoek over insecten	21
3.3.2	Enkele laboratoriumstudies over insecten	23
3.3.3	Conclusie	24
3.4	Algemene conclusie	24
3.5	Referenties	25
4	Macro-economische aspecten van de telecomindustrie	28
4.1	Introductie	28
4.2	De status van de 5G uitrol wereldwijd	32
4.3	Focus op België	33
4.4	Conclusie	38
4.5	Bibliografie	38

1 Evaluatie van de toepassing van de ordonnantie

1.1 Algemene toepassing van de technische aspecten van de ordonnantie

Aangezien de ordonnantie sinds ons laatste verslag niet is gewijzigd, zijn sommige delen van dit verslag ongewijzigd gebleven.

Ons advies is met name gebaseerd op het “Verslag 2021 over de uitvoering van de GSM-ordonnantie” van de departementen “Technologieën en stralingen” en “Beheer van de overlast”.

Niettemin werd ons eind 2021 een ontwerpversie van de nieuwe ordonnantie voorgelegd (waarin het beginsel van een beperkte verhoging van de immissienorm tot 14,5 V/m werd bekrachtigd en de straling van omroeporganisaties werd opgenomen) en hebben wij een advies in die zin opgesteld.

Hierdoor kunnen wij concluderen dat de strategie van de administratie aanvaardbaar is als basis voor verdere actie. De gebruikte coëfficiënten zijn gebaseerd op een theoretisch ideaal model. In noodgevallen kunnen ze tijdelijk worden gebruikt om de metingen te starten, maar het is duidelijk dat ze moeten worden gecontroleerd en verfijnd voordat een betrouwbaar, operationeel meetprotocol kan worden vastgesteld. De administratie volgt de ontwikkelingen in de verwerking van deze signalen, zowel in de andere regio's als internationaal, met name op het vlak van verzwakkingsfactoren. (voorbeelden: Vlaanderen, Zwitserland). Merk op dat er nog geen verzoeken van exploitanten zijn geweest om een 5G-site te installeren.

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. Momenteel overschatten de simulaties het stralingsniveau globaal in vergelijking met de metingen, wat consistent is met de situatie die werd waargenomen bij de afgifte van milieuvergunningen waar de simulaties ook het stralingsniveau overschatten. 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 blijft de meetprocedures (binnen en buiten) verder goedkeuren.

1.1.3 De interpretatie en de verwerking van de meetresultaten

Er werden geen belangrijke wijzigingen aangebracht aan het protocol. Het Comité keurt het meetprotocol en de behandeling van de meetresultaten goed.

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

De administratie is in januari 2020 overgeschakeld naar de nieuwe versie van de simulatiesoftware Mithra.

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.

De software werd in v2 zodanig gewijzigd dat bij de berekening van de interne waarde geen rekening meer wordt gehouden met de externe component die het gevolg is van een weerkaatsing op de muur. Er werd ook een correctie van de geografische coördinaten doorgevoerd.

1.1.6 Andere verbeteringen aan de simulator

De terrasdatabank van Leefmilieu Brussel werd volledig in de software geïntegreerd.

Momenteel laat de simulator het nog niet toe om rekening te houden met hellende daken. Desalniettemin blijft het in acht nemen ervan, onderdeel van de doelstellingen van de administratie en wordt dit uiterlijk gepland bij de wijziging van de ordonnantie.

Suggestie: er wordt voorgesteld dat LB de nieuwe ontwikkelingen valideert en de resultaten toelicht in het volgende verslag.

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.

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.

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.

De commissie spoort de administratie aan deze informatie actueel te houden en zo nodig, met het oog op de nieuwe versie van de ordonnantie, uit te breiden.

De commissie stelt met genoegen en belangstelling vast dat in 2021 een aantal pagina's van de website zijn herzien, zoals de pagina's over de effecten op het milieu, het project van wijziging van de ordonnantie, de bevoegdheidsverdeling en het onderzoekproject "STOEMP".

Sinds ons laatste verslag is de pagina over mogelijke milieueffecten herzien, waaruit blijkt dat deze site door de administratie wordt bijgehouden.

Suggestie: we bevestigen dat 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. Met name de pagina over "een norm die u beschermt" zal moeten worden bijgewerkt zodra de nieuwe versie van de ordonnantie ten uitvoer wordt gelegd, naar verwachting begin 2022.

1.3 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

2.1 Inleiding

In eerdere rapporten werd veel aandacht besteed aan de stralingsaspecten van 5G, dus de draadloze connectie tussen een basisstation en het toestel. Ondertussen zijn die aspecten reeds uitgebreid bestudeerd en in verschillende rapporten en studies aan bod gekomen.

In dit rapport wordt 5G als geheel bekeken, en wordt de nadruk niet enkel op het draadloze aspect gelegd. Dit maakt het mogelijk om, los van de straling en stralingsnormen, het belang van deze 5^{de} generatie in te schatten.

Daarna wordt kort aandacht besteed aan het energieverbruik of de CO2 footprint van cellulaire netwerken.

Dit rapport eindigt met informatie over werkelijk gemeten velden in het buitenland.

2.2 5G types

Dit hoofdstuk '5G' geeft een kort overzicht van de nieuwe 5G-technologie.

2.2.1 Algemeen

Een mobiel netwerk wordt dikwijls opgedeeld in 2 stukken: het Radio-Access-Network (RAN) en het Core Network (CN).

Het RAN is verantwoordelijk om met de handsets te spreken via een draadloze link die een bepaalde specificatie volgt, het CN is verantwoordelijk voor het aanbieden van de achterliggende functies (bellen, sms-en, internettoegang leveren enz.). De belangrijkste componenten van het RAN zijn de basis stations, die in feite vooral bestaan uit een of meerdere antennes en eenheden voor berekeningen. Ze zijn vaak via glasvezel of straalverbinding verbonden met het CN.

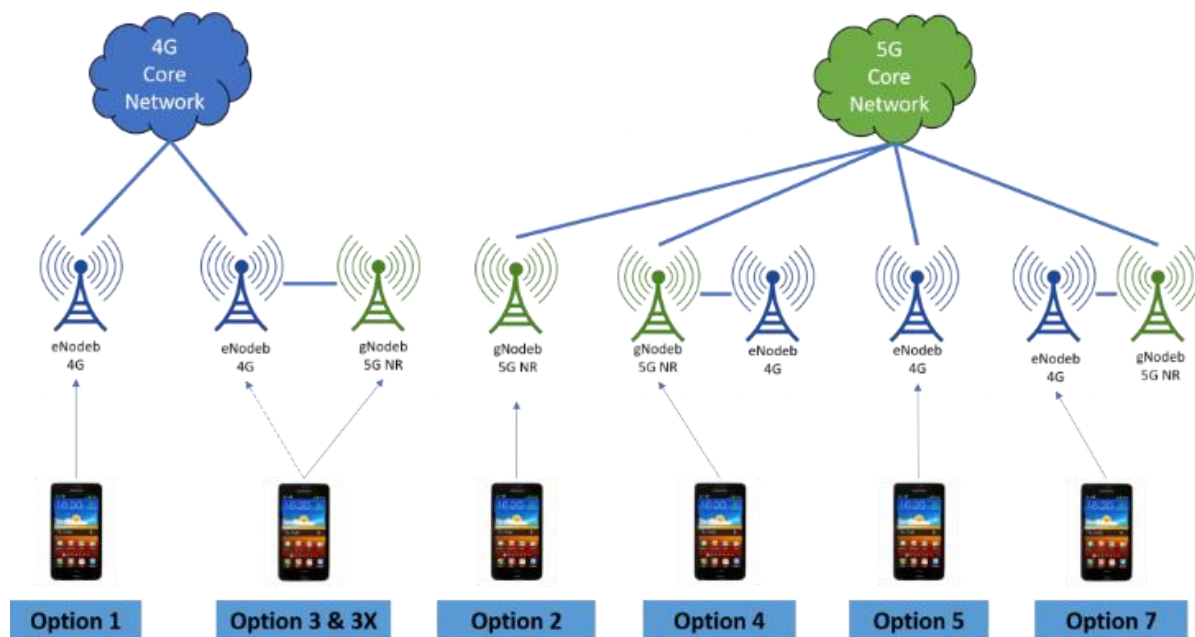
Het 4G netwerk gebruikt klassiek een LTE (Long Term Evolution) RAN en een EPC (Evolved Packet Core) CN, een 5G netwerk is conceptueel voorzien om te werken met een NR (New Radio) RAN en een 5GC (5G Core) CN. Het 4G basis station wordt eNodeB genoemd, en een 5G basis station wordt gNodeB genoemd.

4G en 5G zijn echter ontworpen en in staat om onderling met mekaar RAN en CN te werken. Dit laat toe om 4G – 5G gecombineerde netwerken te maken. Hierdoor kunnen 5G NR cellen met of onder toezicht van een 4G EPC werken. Dit laat toe om bepaalde 5G voordelen aan te bieden aan 5G handsets, zonder de kosten te moeten maken om een volledig nieuw achterliggend 5GC te moeten

uitbouwen. Maar in de toekomst zullen ook 4G LTE cellen op de nieuwe 5G kunnen werken. Zo kunnen nieuwe 5G netwerken ook nog de 4G RAN infrastructuur blijven gebruiken. Dit is niet enkel relevant om 'oude' 4G handsets die nog niet over 5G beschikken, te kunnen blijven bedienen, maar ook om de nog steeds performante 4G RAN te kunnen blijven gebruiken.

2.2.2 NSA vs. SA

Dit alles laat toe verschillende vormen van 5G te onderscheiden: 5G NSA (Non-Stand Alone) en 5G SA (Stand Alone). Om een basisinzicht te krijgen in de verschillen tussen NSA en SA kan verdere literatuur geraadpleegd te worden, maar hier is een kort schema dat verschillende verbindingsmogelijkheden schetst.



- **Optie 1.** Een 4G EPC met een 4G eNodeB maakt het mogelijk om een 4G toestel te verbinden met een puur 4G netwerk.
- **Optie 2.** Een 5G Core met een 5G gNodeB maakt het mogelijk om een 5G toestel met een puur 5 netwerk te verbinden.
- **Optie 3 en 3x.** Een toestel dat zowel de 4G LTE als de 5G NR RAN specificatie ondersteunt, is verbonden met een 4G EPC via zowel een 4G eNodeB en 5G gNodeB.
- **Optie 4.** Een toestel dat zowel de 4G LTE als de 5G NR RAN specificatie ondersteunt, is verbonden met een 5GC via een 5G gNodeB.
- **Optie 5.** Een 4G toestel is verbonden met een 5GC via een 4G eNodeB.
- **Optie 7.** Een toestel dat zowel de 4G LTE als de 5G NR RAN specificatie ondersteunt, is verbonden met een 5GC via een 4G eNodeB.

(Bron: <https://5gsoc.org.uk/5g-options/>)

In 4G of 5G SA maakt een handset verbinding met een 'eigen' 4G (opties 1 en 5), of 5G (optie 2) cel ongeacht van het achterliggende core netwerk. In 4G SA, optie 1, is er sprake van een puur 4G

verbinding. Dit vraagt geen verdere uitleg. Optie 1 bestaat momenteel natuurlijk, maar de opties 2 en 5 waar een 4G of 5G cel aan een 5GC is verbonden zijn er nog niet onmiddellijk.

In 5G NSA maakt een handset verbinding met een 4G en een 5G cel. Momenteel, zolang er nog geen nieuwe 5GC zijn, zal een 5G cel werken onder toezicht van een 4G cel en met een achterliggend 4G EPC. Deze 4G cel wordt de “Master-cel” genoemd, of ook wel de “anker cel”, en de 5G cel wordt een “Secondary-cell” genoemd. De handset is verbonden met de 4G cel, en waar beschikbaar, kan de 4G cel aangeven dat er onder zijn toezicht ook verbinding kan worden gemaakt met een 5G cel. Opties 3 en 3X zijn voorbeelden van een 5G NSA verbinding die nu reeds bestaan in België. De basiscontrole gebeurt via een 4G cel en wordt beheerd door een achterliggend 4G EPC. Deze configuratie wordt ook wel “E-UTRA-NR Dual Connectivity (EN-DC)” genoemd en wordt dus momenteel aangeboden. De bijkomende 5G-kanalen worden gekoppeld aan een 5G basisstation of gNodeB. Alle basisfuncties (aanmelden op het netwerk enz.) gebeuren echter op basis van een 4G core netwerk.

Deze oplossing laat toe om bepaalde 5G voordelen (zoals bv. de datasnelheid) aan te bieden zonder de volledige ontwikkeling van een alleenstaand 5G netwerk met een volledig nieuw achterliggend controlenetwerk (5GC core network) te moeten realiseren. Voor het aanbieden van bv. extra snelheid en extra capaciteit volstaat deze oplossing dus en het is dan ook normaal dat de operatoren starten met deze oplossing.

Om van alle nieuwe mogelijkheden van 5G gebruik te kunnen maken, zoals lage latentie of het aanbieden van verbindingen met grote aantallen IoT toestellen, is een 5GC nodig. Op termijn zullen operatoren waarschijnlijk evolueren naar een 5G SA oplossing, of naar 5G NSA oplossingen zoals opties 4 of 7.

2.3 Frequentiebanden

De frequentiebanden die door 5G gebruikt worden, zijn ingedeeld in 2 stukken: FR1 (Frequency Range 1) en FR2 genaamd. FR1 zijn alle banden die gebruik maken van de ‘lage’ frequenties tot 6GHz. FR2 maakt gebruik van frequenties van 24GHz en meer. Tot heden is er weinig interesse van operatoren in de FR2 banden.

In FR1 zijn er 3+1 (4) banden die dienen opgevolgd te worden: de 700 MHz-band, de 2100 MHz-band en de 3500 MHz band en de 1400M Hz als speciale band.

2.3.1 700 MHz

Het veilen van licenties in deze band is voorzien in 2022. Deze band zal dienen om de dekking van 5G te verzorgen, zonder noodzakelijk zeer hoge snelheden te bieden.

2.3.2 2100 MHz

De 2100 MHz band wordt reeds gebruikt in België voor NSA 5G.

2.3.3 3500 MHz

De 3500 MHz is reeds in gebruik in België op basis van tijdelijke vergunningen. Private netwerken kunnen ook spectrum bekomen (bv. voor een intern netwerk in een bedrijf), eventueel net buiten de publieke band. Definitieve publieke vergunningen zullen uitgereikt worden na de veiling die in 2022 is voorzien.

2.3.4 1400 MHz

De 1400 MHz zal als supplementaire band voor enkel download gebruikt worden.

2.4 Duplexing type

Er zijn twee duplexing-types die gebruikt worden: FDD en TDD.

2.4.1 FDD vs. TDD

FDD staat voor Frequency Division Duplex en maakt dat de communicatie tussen het basisstation en de handset (de downlink) op een andere frequentie gebeurt dan de communicatie tussen de handset en het basisstation (de uplink).

TDD staat voor Time Division Duplex en de communicatie tussen basisstation en de handset gebeurt op dezelfde frequentie als de communicatie tussen de handset en het basisstation, maar er worden aparte tijdsblokken voorzien voor de uplink en de downlink.

2.4.2 FDD in BE

De traditionele banden 800-900-1800 en 2100MHz worden allemaal in FDD-mode gebruikt. De drie klassieke operatoren gebruiken in de 2600MHz band ook allemaal FDD. Dit geldt ook voor de 5G in de banden (toekomstige) 700 MHz en 2100 MHz.

2.4.3 TDD in BE

In de nieuwe band 3500 MHz zal TDD gebruikt worden. Dit zal toelaten om speciale mMIMO antennetechnieken te gebruiken die verder besproken worden.

2.5 Antennes

Er wordt veel gesproken over de antennes die in 5G gebruikt kunnen worden. Daarbij wordt dikwijls verwezen naar het 'richteffect' die deze antennes hebben, waardoor ze enkel een bundel richten op de gebruiker, en niet 'rondstralen' (in sectoren van ongeveer 120°) zoals de klassieker antennes in de voorgaande technologieën (2G/3G/4G).

Het is inderdaad zo dat 5G in de 3500 band (en de toekomstige FR2) gebruik zal kunnen maken van deze mMIMO (massive MIMO) antennes die met nauwere bundels kunnen werken. Er dient echter bij gezegd te worden dat in de andere banden (700MHz, etc.) antennes gebruikt worden die van het klassieke type zijn, en waar dus geen mMIMO gebruikt wordt (hoogstens eenvoudige MIMO). Hierbij wordt de volledige cel bediend met het complete signaal, dat dient voor alle gebruikers.

2.6 Carrier Aggregation (CA)

5G zal net als 4G gebruik maken van Carrier Aggregation. Dit wil zeggen dat een handset die over de nodige mogelijkheden beschikt, verschillende signalen tegelijk kan ontvangen en combineren. Dit laat toe om bv. een 800MHz-LTE-sigitaal en een 2100MHz-NR-sigitaal tegelijkertijd te ontvangen, en zo een grotere snelheid aan de gebruiker aan te bieden.

In 5G zijn de mogelijkheden om signalen samen te voegen uitgebreider dan in 4G, maar 4G blijft zelf ook nog steeds verder evolueren en over de jaren heen zijn de mogelijkheden van 4G-Advanced-Pro (zoals de laatste 4G evolutie noemt) ook al ver gevorderd.

Zo is in België al CA in gebruik in 4G en in 5G waar aanwezig.

2.7 Mogelijkheden

5G biedt nieuwe mogelijkheden voor opkomende sectoren.

2.7.1 IoT

Zowel 4G als 5G bieden verschillende nieuwe mogelijkheden voor IoT (Internet of Things) toepassingen. Dit zijn typisch machine-to-machine toepassing zoals bv. smart-meters voor gas of elektriciteit, of parkeersensoren om de parkeerbezetting in de stad of ondergrondse parking bij te houden of asset tracking zoals bv. het volgen van goederen of het traceren van gestolen voertuigen. Ook wearables zoals bv. smartwatches zouden hier ook onder kunnen vallen.

Klassiek worden deze toepassingen bediend door verschillende mogelijke technologieën, bv. RFIDs (zoals in boeken of kledij in winkels om diefstal te voorkomen), of LoRa of SigFox netwerken (slimme meters) of Bluetooth (smartwatches).

4G biedt nu al LTE-M en NB-IoT technologieën aan en 5G zal nog specifiekere bijkomende principes ter beschikking stellen hier (bv. zeer veel apparaten op een zekere oppervlakte). Het gebruik van 4G of 5G netwerken zal de mogelijkheid bieden om nationale (of internationale) dekking te bieden en zal door standaardisatie ook mogelijk leiden tot een kostenreductie.

2.7.2 4G of 5G in vrije (niet-licentieplichtige) banden

4G en 5G bieden de mogelijkheid om in licentievrije banden (zoals bv. de 2.4GHz of 5GHz vrije banden) te werken. Ze kunnen dit vrije spectrum gebruiken samen met bv. de Wifi technologie om zo trafiek via (door hen erkende en gestuurde) wifi-hotspots te sturen. Dit kan niet alleen zorgen voor bijkomende capaciteit, maar kan ook de dekking helpen op plaatsen die moeilijk te bereiken zijn voor de klassieke buitenhuisdekking. Dit maakt dat bv. ook de straling van de handsets kan gereduceerd worden.

2.7.3 V2X diensten

4G en 5G bieden nieuwe mogelijkheden voor V2X (Vehicle-to-Everything) diensten (soms opgedeeld in V2V, Vehicle-to-Vehicle; V2I, Vehicle-to-Infrastructure; V2P, Vehicle-to-Pedestrian en V2N, Vehicle-to-Network). 4G mikt vooral op communicatie tussen wagens onderling en met hun omgeving om gegevens door te geven (bv. een ongeval). 5G zal verder gaan en wordt ontworpen met zelfrijdende wagens als doel.

Speciale QoS (Quality of Service) parameters worden ontworpen voor deze groep (net zoals voor IoT enz.). Speciale aandacht gaat hier dan bv. naar de reactietijden (latency).

2.7.4 MC (Mission Critical) Services

MC services is een aandachtspunt sinds 4G-Advanced-Pro en mikt op het aanbieden van missie-kritische communicatie, zoals dat ook gebeurt met bv. walkie-talkies of via noodnetten. Deze diensten worden ook wel MCPTT (Mission Critical Push To Talk) genoemd, maar ook MCVideo en MCDData worden voorzien. Door deze diensten in 4G en 5G als een 'managed' service (door de operator aangeboden met gegarandeerde kwaliteitsniveaus) aan te bieden, zullen ze veel betrouwbaarder kunnen zijn dan wanneer ze als OTT (Over The top, door externe partijen die geen rechtstreekse invloed hebben op de radio-toegangs-kwaliteit) aangeboden worden.

2.7.5 Private netwerken

In België zijn er veel private netwerken in gebruik. Dit kan gaan van kleine netten (bv. bouwvakkers met walkie-talkies op een bouwterrein), tot zeer grote sites zoals bv. petrochemische havenbedrijven met duizenden posten voor de productiehallen.

5G biedt de mogelijkheid om 'private netten' aan te bieden aan bedrijven, of bv. een volledige haven, enz. Deze private netten kunnen dan zelf handsets gebruiken met eigen simkaarten en eigen toegangsregeling. Ze kunnen de netwerkparameters naar eigen wensen aanpassen om bv. nog meer in te zetten op korte reactietijden of op andere parameters.

Deze private netwerken kunnen gemaakt worden met ofwel eigen masten, of door contracten af te sluiten met de operatoren en privaat netwerk-elementen 'te huren'.

Zo zouden bepaalde instellingen om veiligheidsredenen bv. hiervan gebruik kunnen maken.

2.8 Energieverbruik

Het energieverbruik van cellulaire netwerken wordt gedomineerd door het RAN. Het 5G RAN netwerk kan bits efficiënter versturen, door gebruik te maken van Massive MIMO. Daarnaast is het zo dat 5G netwerken voorzien zijn op het dynamisch afsluiten van bepaalde delen van de infrastructuur die tijdelijk niet nodig zijn. Zo zijn er verschillende opties om met een 5GC te verbinden (vaak zelfs via een 4G RAN), waardoor het mogelijk is om hele stukken van het RAN af te schakelen indien nodig. Verschillende studies ^{1, 2} tonen dat tot 90% minder energie per verstuurd bit mogelijk is. Zelfs rekening houdend met het effect dat snellere netwerken aanzetten tot groter dataverbruik, lijken de studies aan te tonen dat het mogelijk is om het energieverbruik van cellulaire netwerken constant te houden.

Het is belangrijk op te merken dat dit studies zijn, en het dataverbruik hangt af van ons gedrag. Ook zijn bepaalde toekomstige toepassingen nu nog niet goed in te schatten. Het is dus niet volledig mogelijk om op dit moment het energieverbruik van 5G te voorspellen.

2.9 Gemeten straling (in het buitenland)

Omdat de uitrol van 5G in vele landen nog maar pas gestart is, is de impact van 5G straling op de elektromagnetische stralingswaarden zeer beperkt. Een recent gepubliceerd artikel ³ door imec, over 5G metingen, laat opmerken dat de impact van een 3.5GHz 5G netwerk in Bern een verwaarloosbare impact heeft op de totale stralingswaarden. Het zijn de netwerken op 800, 900 en 1800 MHz die veruit de grootste impact hebben. Op een totaal gemeten cumulatieve waarde van 1.26 V/m, was de waarde van de 5G cel slechts 0.04 V/m. Met 0.93 V/m had de 800 MHz frequentie de grootste impact. De

¹ <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2020/12/02/nokia-confirms-5g-as-90-percent-more-energy-efficient/>

² <https://www.ericsson.com/en/about-us/sustainability-and-corporate-responsibility/environment/product-energy-performance>

[³] <https://www.imec.be/nl/articles/primeur-voor-vlaamse-wetenschappers-elektromagnetische-stralingswaarden-gemeten-op> [Artikel gepubliceerd op 7 oktober 2021, link bekeken op 22 november 2021]

reden hiervoor is uiteraard dat het 5G netwerk weinig of niet belast is, omdat er nog niet veel 5G gebruik is in deze nieuwe spectrumbanden, dus het is moeilijk om hieruit belangrijke conclusies te trekken.

Een tweede reeks metingen onderzocht de stralingswaarde bij een maximale belasting van het 5G netwerk. De gemiddelde waarde gemeten bij hoge belasting was 0,4 V/m, en dit voor een gemiddeld vermogen van de antenne (8W). Die blootstellingswaarde kon stijgen tot een piek van 4,8 V/m bij hoge vermogens van 200 watt ⁴. Zelfs deze hoge piekwaarde is binnen de geldende normen bij de afstand waarop hier gemeten werd, maar dit geeft geen garanties dat dit op alle mogelijke locaties ook zo is. Deze studie keek ook naar maximale en gemiddelde veldwaarden, en de gerapporteerde piekwaarden zijn nooit groter dan het dubbele van de gemiddelde veldwaarden. Het is wel belangrijk op te merken dat de gemeten 5G netwerken nog geen gebruik maakten van reciprocity-based Massive MIMO, maar enkel van codebook-based Massive MIMO, waardoor het precies uitrekenen van de straling gelimiteerd is door wat voorzien is in de codebooks.

Het is belangrijk om dergelijke veldstudies op te volgen, om zo te begrijpen wat de effectieve impact van 5G op de stralingsvelden is, en ook wat de impact is van verschillende evoluties binnen de 5G technologie. Op basis van de gerapporteerde metingen, is er geen reden om te veronderstellen dat de 5G technologie zich anders gedraagt dan wat verwacht was. Het is belangrijk om ook niet enkel 5G in 3.5 GHz te beschouwen in deze veldstudies, daar er ook heel wat 5G RAN in lagere frequentiebanden opereren. In deze lagere frequenties is het gebruik van Massive MIMO ook minder relevant.

2.10 Besluit

5G technologie is veel breder dan straling. Ook het 5GC netwerk is een essentieel onderdeel van deze revolutie. De eerste 5G RAN zijn op dit moment in gebruik (in de frequentiebanden van 2100 MHz en rond 3.5 GHz) en de eerste metingen van dergelijke 5G RAN melden geen stralingsvelden die de normen overschrijden. Omwille van lage penetratie, is de impact van 5G op de cumulatieve gemeten straling op dit moment nog klein. Zelfs bij studies waar netwerken maximaal belast worden, worden geen te hoge waarden gemeten. Bij de huidige netwerken leidt het gebruik van FDD-Massive MIMO niet tot grote gemeten piekwaarden.

Het is belangrijk om 5G niet per definitie gelijk te stellen aan een 5G RAN in 3.5 GHz dat gebruik maakt van Massive MIMO. Ook in andere banden wordt de 5G RAN geïntroduceerd en veldstudies moeten zich niet alleen beperken de meest disruptieve 5G (zijnde nieuwe banden, nieuwe antennetechnieken).

[4] S. Aerts, K. Deprez, M. Van den Bossche, D. Colombi, L. Verloock, L. Martens, C. Törnevik, W. Joseph, "In-Situ Assessment of 5G NR Massive MIMO Base Station Exposure in a Commercial Network in Bern, Switzerland", Toegepaste Wetenschappen, aanvaard 2021. (Impact Factor: 2.474, Q2, Rank: 88/177)

3 Gevolgen voor de gezondheid

3.1 Een overzicht van onderzoek naar radiofrequente blootstelling en dosimetrie van ongewervelden

3.1.1 Blootstelling van ongewervelden aan Draadloze Communicatiesystemen

Draadloze telecommunicatiesystemen zijn wijdverspreid en daardoor zijn verschillende ongewervelden blootgesteld aan de radiofrequente (RF) elektromagnetische (EM) velden die door deze netwerken gebruikt worden. Deze RF-EM-velden kunnen deels penetreren in biologische weefsels en deze interne velden kunnen geabsorbeerd worden in levende organismen (ICNIRP, 2020). Deze absorptie wordt vaak gekwantificeerd a.d.h.v. het specifieke absorptietempo (SAR ("specific absorption rate" in het Engels) in W/kg). Deze grootte is enkel betekenisvol wanneer deze over een bepaalde massa of volume wordt uitgemiddeld. Alternatief wordt er soms ook met geabsorbeerde vermogens gewerkt (in W). Ideaal gezien wordt deze massa of volume zo gedefinieerd dat deze overeenkomt met een bepaald biologisch effect, geassocieerd met de SAR of het geabsorbeerd vermogen in dit volume of massa. Het wetenschappelijke domein dat zich richt op het bepalen van SAR-waarden wordt RF-EM dosimetrie genoemd. Vaak is het niet mogelijk om de interne velden in een (levend) organisme te bepalen. Daarom wordt een RF-EM-blootstelling in zulke gevallen gekwantificeerd a.d.h.v. de invallende elektrische veldsterkte (in V/m) of de invallende vermogensdichtheid (in W/m²). In de vrije ruimte en in het verre veld van een antenne bestaat er een vast verband tussen deze twee grootheden en schaalde de SAR lineair met de invallende vermogensdichtheid. De exacte relatie tussen SAR en invallende RF-EM-velden hangt echter wel af van de frequentie, het type organisme, morfologie van het organisme, diëlektrische eigenschappen van de materialen waaruit het organisme is opgebouwd, de fysieke houding van het organisme, etc. Dichter bij een stralende RF-EM-bron bestaat er vaak geen vast verband tussen invallende veldsterkte, de invallende vermogensdichtheid, en de SAR, en moeten deze grootheden apart bepaald worden. Daarom wordt er in de literatuur over deze RF-EMV-blootstelling vaak onderscheid gemaakt tussen blootstellingsscenario's waarbij de bron zich in het nabije-, verre-, of intermediaire veld bevindt (Liorni et al. 2020).

De blootstelling van ongewervelde dieren wordt gedomineerd door de blootstelling aan verre velden, i.e. blootstelling veroorzaakt door telecommunicatie netwerken. Dit werd experimenteel gevalideerd voor een reeks bijenkorven in (Thielens et al. 2020). Het is de verwachting dat deze blootstelling zal veranderen in de nabije toekomst door een reeks geanticipeerde veranderingen in de draadloze netwerken: (1) een shift in draagfrequenties naar nieuwe frequentiebanden met deels kleinere golflengten, (2) de invoering van adaptieve downlink (netwerk naar de gebruiker) transmissies, en (3) veranderingen in de toegangsmethoden voor de netwerken. Het is daarom noodzakelijk om deze blootstelling verder op te volgen in de nabije toekomst.

In parallel zijn er een reeks nieuwe technologische ontwikkelingen die zorgen voor bijkomende RF-EM-blootstelling van ongewervelden. Ten eerste is er **Entomologische radar**. Dit is een technologie

om insecten te detecteren, gebruik makend van het verstrooien van RF-EM-velden door insecten. In deze radartoepassing wordt een puls van RF-EM-velden uitgestuurd vanaf een radar naar een insect toe. Een deel van deze velden wordt dan gereflecteerd en ontvangen. Deze technologie wordt in toenemende mate gebruikt om het gedrag en de verspreiding van insecten te bestuderen (Chapman, Drake, and Reynolds 2011; Glover et al. 1966; Riley 1985). Ten tweede, worden er ook **draadloze sensornetwerken** ontwikkeld en gebruikt die gericht zijn op het observeren van insecten-bestuivers zoals honingbijen (Edwards-Murphy et al. 2016; Henry et al. 2019; Kridi, de Carvalho, and Gomes 2016). Ten derde, zijn er ook nieuwe **insect-telemetrie** toepassingen (Daniel Kissling, Pattemore, and Hagen 2014). In deze technologie wordt er gebruik gemaakt van draadloze modules die gehecht worden aan een insect om dit op deze manier draadloos te observeren. Finaal, wordt er ook gebruik gemaakt van RF-EM in de landbouw en voedselketen om bepaalde producten te behandelen met het oog op het doden van ongewervelde parasieten (Das, Kumar, and Shah 2013a) d.m.v. zgn. **microgolf-behandeling**. De verwachting is dat het gebruik van al deze technologieën zal toenemen in de toekomst.

3.1.2 RF-EM dosimetrie van ongewervelden

Historisch gezien vind RF-EM dosimetrie van ongewervelden zijn oorsprong in studies met als doel het ontwikkelen van **microgolf-behandeling van voedsel, waardevolle houten artefacten, of planten**. In deze techniek is het de bedoeling om diëlektrische opwarming van ongewervelden ten gevolge van RF-EM-blootstelling te gebruiken om zo ongewenste parasieten te doden. Er bestaan verschillende reviews over dit domein (Das, Kumar, and Shah 2013b; Diprose, Benson, and Willis 1984; Hou, Johnson, and Wang 2016; Johnson and Marcotte 1999; Wang and Tang 2001; Yadav et al. 2014). Om te onderzoeken of dit soort behandeling mogelijk was, werd er in dit domein ook veel onderzoek verricht naar de diëlektrische eigenschappen van insecten en de relatie tussen absorptie van RF-EM in insecten, temperatuur toename in deze insecten, en eventuele mortaliteit ten gevolge van deze toename, zie (Thielens et al. 2018; Thielens 2021) voor een overzicht van studies in dit domein. Samenvattend tonen deze studies aan dat blootstelling van ongewervelden aan RF-EM met een hoge intensiteit (zeer hoog t.o.v. blootstellingen die zich in de leefomgeving kunnen voordoen) in de 0.4-6 GHz frequentie regio kan zorgen voor opwarming van deze ongewervelden en dat deze opwarming kan leiden tot hoge mortaliteit bij de bestudeerde ongewervelden. Er zijn ook 3 studies die dezelfde effecten aantonen bij frequenties tussen 8-11 GHz (Halverson et al. 1996; Watters 1976; Estal et al. 1986), opnieuw bij relatief hoge blootstellingsniveau 's in vergelijking met omgevingsblootstelling.

Naast studies in het veld van de microgolf-behandeling van ongewervelden, zijn er een beperkt aantal studies **die RF-EM-dosimetrie van ongewervelden bestuderen**, deze worden hieronder besproken.

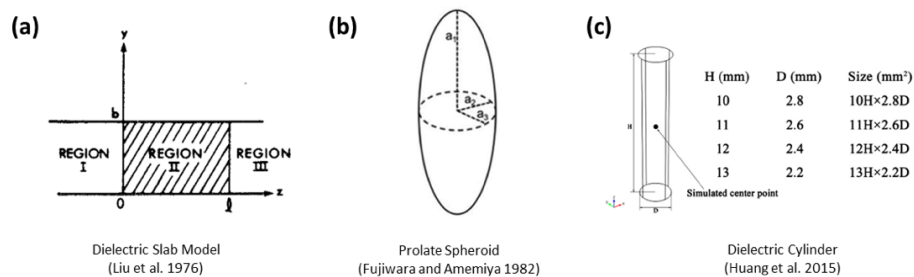
In (Liu, Rosenbaum, and Pickard 1976) werd de blootstelling van de meelworm *Tenebrio molitor* bestudeerd door gebruik te maken van een gelaagd model, waarbij het insect voorgesteld wordt als een laag tussenin twee andere lagen (lucht en substraat bijvoorbeeld), zie Fig. 1 (a). In deze vereenvoudigde weergave van de realiteit was het in 1967 mogelijk om theoretisch de wetten van Maxwell op te lossen en zo de RF-EM-veldverdeling in dit model te bepalen als functie van de frequentie van 8-12 GHz. Het model voorspelt een verhoogde absorptie als functie van de frequentie in de bestudeerde frequentieband.

In (Fujiwara and Amemiya 1982) wordt het geabsorbeerde vermogen in de poppen van *Tenebrio molitor* theoretische gemodelleerd bij 2450 MHz a.d.h.v. sferoïden, zie Fig. 1 (b). Deze vereenvoudigde

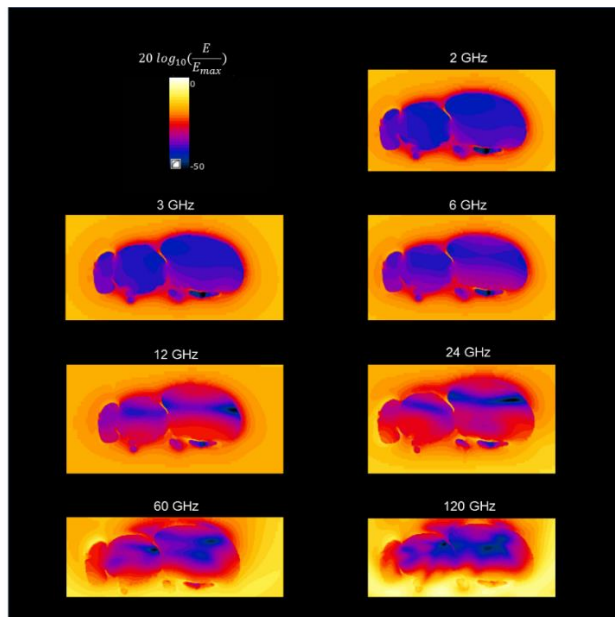
geometrie maakt het mogelijk om de wetten van Maxwell theoretisch op te lossen om zo het geabsorbeerde vermogen bij verre veld blootstelling van deze insecten te kwantificeren. Aan de hand van deze berekeningen kan ook de temperatuur toename in deze insecten berekend worden bij een gegeven invallende vermogensdichtheid. Dezelfde temperatuur toename werd dan ook experimenteel opgemeten bij poppen in een golfgeleider. Er werd een goede overeenkomst gevonden tussen het numerieke model en de opgemeten temperaturen. Deze studie toonde aan dat numerieke technieken gebruikt kunnen worden om het geabsorbeerde RF-EM-vermogen in insectenmodellen accuraat te bepalen.

In (S. Wang et al. 2003) werd er gebruik gemaakt experimentele dosimetrie, waarbij er een fantoom ontwikkeld wordt bestaande uit een gel met dezelfde diëlektrische eigenschappen dan de larven van een fruitmot. Binnenin dit gel-fantoom worden er temperatuursensoren ingebracht om zo de temperatuur toename ten gevolge van RF-EM-blootstelling te kwantificeren. Het gel model werd dan in een walnoot ingebracht om het verschil in temperatuur tussen de noot en het larve-model op te meten bij een blootstelling aan RF-EM bij 27 en 915 MHz. Er werd aangetoond dat de gel sneller opwarmt dan de omringende walnoot bij 27 MHz. Dit effect treedt niet op bij 915 MHz.

Het geabsorbeerde vermogen en de RF-EM-veldverdeling in insecten als parasieten binnenin sojabonen werd bepaald gebruik makend van numerieke simulaties bij 27 MHz in (Huang, Chen, and Wang 2015). Hierbij werden de insecten gemodelleerd als cilinders (zie Fig. 1 (c)) die geplaatst werden tussen twee elektroden waartussen een 27 MHz EM-RF-veld aangelegd werd. De geabsorbeerde vermogens werden gebruikt om temperatuur toenames te simuleren die dan in parallel experimenteel werden opgemeten. Er werd een goede overeenkomst gevonden tussen het gesimuleerde en opgemeten spatiale en temporele temperatuur profiel tussen de elektroden.



Figuur 1: Overzicht van numerieke elektromagnetische modellen voor insecten voor 2015. (a) Gelaagd model, (b) sferoïde, en (c) cilindrisch model.



Figuur 2: Genormaliseerde elektrische veldsterkte in en rondom een model voor een honingbij (Thielens et al., 2018).

Recentere studies (Thielens et al. 2018; 2020) maakten gebruik van anatomisch accurate 3D modellen (zie Fig. 2) voor een reeks insecten. Deze modellen werden gemaakt door middel van micro-CT-scans en kunnen gebruikt worden in elektromagnetische solvers. In (Thielens et al. 2018; 2020) werden deze gebruikt om verre-veld blootstelling van insecten te kwantificeren als functie van frequentie. Er werd aangetoond dat voor dezelfde invallende vermogensdichtheden er grote verschillen in geabsorbeerd vermogen kunnen bestaan tussen verschillende insecten en dat alle bestudeerde insecten het geabsorbeerd vermogen hoger is bij frequenties > 6 GHz dan bij lagere frequenties. Dit wordt verklaard door een efficiëntere penetratie van de insecten bij deze frequenties, zie Fig. 2. Dit is relevant omdat de nieuwe draagfrequenties voor telecommunicatienetwerken deels bij deze hogere frequenties gepland worden. Deze resultaten werden bevestigd in (De Borre et al. 2021) voor een reeks nieuwe insectenmodellen voor gele koorts muggen (*Aedes aegyptius*). De studies geven wel aan dat het geabsorbeerde vermogen in het verre veld relatief laag zal blijven. Finaal werd er in (Toribio, Joseph, en Thielens 2021) gebruik gemaakt van een honingbij-model om blootstelling in het nabije veld van een antenne te bestuderen. Er wordt aangetoond dat in het nabije veld dit verschil in absorptie tussen sub 6 GHz en frequenties hoger dan 6 GHz nog groter kan zijn dan in het verre veld.

3.1.3 Conclusies

Ongewervelden worden blootgesteld aan RF-EM-velden die uitgestuurd worden door draadloze telecommunicatienetwerken. De verwachting is dat deze blootstelling zal veranderen in toekomstige netwerken. Daarnaast zijn er een reeks nieuwe technologieën die voor veranderingen in deze blootstelling zullen zorgen. Het is daarom aangewezen om deze blootstelling blijvend op te volgen. Om eventuele biologische effecten van deze blootstellingen te kunnen bestuderen is het noodzakelijk om de dosis geassocieerd met zulke blootstellingen te kwantificeren. Dit rapport toont een overzicht van voorgaande studies in dit domein. Deze tonen aan dat er betreffende de absorptie van RF-EM-velden

in ongewervelden variaties bestaan van soort tot soort, met frequentie, en tussen blootstellingsscenario's.

3.2 Een update van de wetenschappelijke studies over de gezondheidseffecten van 5G

In het laatste verslag van Leefmilieu Brussel hebben wij onder meer een overzicht gegeven van de literatuur over de gezondheidseffecten van 5G NR. Ons literatuuronderzoek is deels gebaseerd op het voorlopige ANSES-rapport (2019) en op een in 2019 uitgevoerd overzicht (Simkó en Mattsson, 2019) met een analyse van studies (in vivo en in vitro) over de volgende generatie draadloze communicatiesignalen (5G) vanaf 6 GHz en hun effecten op de gezondheid. (Voor meer informatie, zie verslag 2020 van LB.) Sindsdien hebben we een literatuuronderzoek gedaan van 2018 tot nu.

3.2.1 Wetenschappelijke studies over 5G vanaf 2018

Uit het literatuuronderzoek van 2018 tot 2021 op Pubmed en de ISI Web of Science-databank blijkt dat er zeer weinig studies zijn gedaan naar draadloze communicatiesignalen van de nieuwe generatie (5G) vanaf 3 GHz (meer bepaald de frequenties rond 3,5 en 26 GHz). Er werden slechts drie publicaties (in vivo en in vitro) geïdentificeerd.

De studie van Kim et al. (2020) had tot doel de effecten van elektromagnetische golven met LTE- en 5G-signalen op huidpigmentatie in vitro te bepalen. De auteurs gebruikten muriene en humane melanoomcellen (MNT-1 en B16F10). De blootstelling werd uitgevoerd op 1,762 GHz voor LTE en 28 GHz voor 5G. Volgens de auteurs tonen de resultaten aan dat noch LTE- noch 5G-blootstelling een significant effect had op de levensvatbaarheid van de cellen of de pigmentatie. De MNT-1-dendrieten waren noch uitgerekt noch achteruitgegaan na blootstelling aan de EMV's. De auteurs concludeerden dat deze resultaten impliceren dat blootstelling aan LTE- en 5G-EMV's de melaninesynthese of huidpigmentatie bij normaal smartphonegebruik niet kan beïnvloeden. Deze studie vermeldt echter niet het invallende vermogen van het gebruikte EMV of een dosimetrie.

Dasgupta en zijn medewerkers (2020) onderzochten het effect van blootstelling aan radiofrequenties van mobiele telefoons op 3,5 GHz op de embryonale ontwikkeling van zebrafissen. De specifieke absorptiedichtheid (*specific absorption rate* of SAR) bedroeg ~8,27 W/kg en werd toegepast vanaf 6 uur na de bevruchting (hpf) tot 48 hpf. De morfologische en gedragsparameters werden gemeten op 120 hpf. Er was geen significante impact op de mortaliteit, de morfogenese of de fotomotorische respons. Er was een bescheiden remming van de schrikreactie, wat zou wijzen op een zekere mate van sensorimotorische stoornis. De auteurs concludeerden dat straling van mobiele telefoons bij lage frequenties waarschijnlijk goedaardig is, met subtiele sensorimotorische effecten.

Wang et al. (2021) bestudeerden de effecten van 5G-signalen (3,5 GHz) op de slaap van fruitvliegjes. De toegepaste intensiteiten waren 0,1 W/m², 1 W/m² en 10 W/m². Kortdurende blootstelling aan RF-EMV's verhoogde het activiteitsniveau en verminderde de slaapduur, terwijl langdurige blootstelling aan RF-EMV's het activiteitsniveau verminderde en de slaapduur deed toenemen bij mannelijke F1-vliegjes. Onder langdurige RF-velden werd de expressie van de hsp22-, hsp26- en hsp70-genen gerelateerd aan de hittestressrespons verhoogd; de expressie van per-, cyc-, clk-, cry- en tim-genen gerelateerd aan de circadiane klok werd veranderd, het GABA-gehalte en het glutamaat werden verlaagd en de expressieniveaus van synthese-, transport- en receptorgenen werden ook gewijzigd. Als conclusie van hun studie melden de auteurs dat langdurige blootstelling aan RF-velden de hittestressrespons van de nakomelingen van de vliegjes versterkt en de expressie van de genen van de circadiane klok en de neurotransmitters beïnvloedt, wat resulteert in verminderde activiteit, een langere slaapduur en een betere slaapkwaliteit.

3.2.2 Conclusies

Uit ons literatuuronderzoek kwamen drie recente experimentele studies naar voren over blootstelling aan EMV's met RF-velden die vergelijkbaar zijn met die van het 5G-netwerk. Deze experimentele studies toonden geen gezondheidseffecten aan, noch op de huidpigmentatie (Kim et al., 2020), noch op de embryonale ontwikkeling bij zebrafissen (Dasgupta et al., 2020). De derde studie toonde een gunstig effect aan op de slaapkwaliteit bij fruitvliegjes (Wang et al., 2021).

Gezien het zeer beperkte aantal studies is voorzichtigheid echter geboden bij het trekken van definitieve conclusies. Toekomstige studies zijn dan ook nodig om deze tendens te bevestigen of te weerleggen. Voorts moet, om de wetenschappelijke geloofwaardigheid en kwaliteit te handhaven, in toekomstige experimentele studies de experimentele opzet worden verbeterd door bijzondere aandacht te besteden aan ten minste de dosimetrie, de 'sham'-controle en de temperatuurbeheersing.

3.3 5G en insecten

Tot dusver is er geen specifieke collectieve expertise voorhanden over de mogelijke effecten van 5G-signalen op de fauna en flora, afgezien van experimentele modellen.

3.3.1 Onderzoek over insecten

Wat insecten betreft, publiceerde Alain Thill in 2020 het artikel "*Effets biologiques des champs électromagnétiques sur les insectes*", dat hij presenteert als een systematisch overzicht. Van de 190 artikelen uit het systematisch onderzoek werden 83 artikelen geselecteerd voor verdere evaluatie; 72 artikelen toonden een effect van radiofrequente velden op insecten aan. Hij besluit daaruit dat elektromagnetische velden een aanzienlijke impact zouden kunnen hebben op de vitaliteit van insectenpopulaties.

Dit artikel werd geschreven in opdracht van de Duitse Natuurbeschermingsvereniging (NABU), de milieu- en consumentenorganisatie Diagnose Funk (Duitsland) en de milieuorganisatie AKUT (Luxemburg), en werd gepubliceerd in een “tijdschrift” uitgegeven door verschillende milieu- en medische verenigingen, dat geen “klassiek” wetenschappelijk tijdschrift is, d.w.z. geen “peer-reviewed” tijdschrift.

Over dit artikel werd een advies uitgebracht door het Duitse⁵ BFS, dat van mening is dat “de beweringen [...] over het kennisniveau met betrekking tot de effecten van mobiele communicatie op insecten niet juist zijn. [...] Over het geheel genomen wijzen de weinige betrouwbare studies die beschikbaar zijn niet op een schadelijk effect van zwakke hoogfrequente velden zoals die welke worden aangetroffen in de buurt van basisstations voor mobiele telefonie. [...] Er zijn te weinig studies over de mogelijke effecten van laag- en hoogfrequente velden op de dieren- en plantenwereld, en nog minder studies van hoge kwaliteit. [...] In dit opzicht is het BFS nog steeds tevreden met de voortzetting van het onderzoek.”

Meer recentelijk werd een uitvoerig overzicht van Arno Thielens van de Universiteit van Gent (België) gepubliceerd door de Europese afdeling voor Wetenschappelijke Toekomstverkenningen (STOA) (2021). Bij dit onderzoek werden drie taxonomische groepen in aanmerking genomen: ongewervelde dieren, gewervelde dieren, en planten en zwammen. Hier rapporteren wij alleen de resultaten voor ongewervelden, die 122 publicaties over RF-blootstelling in twee frequentiebereiken omvatten: een bereik van 0,45 tot 6 GHz en een tweede bereik met frequenties boven 6 GHz. Dit laatste bereik omvat de “hoge” frequenties van de 5de generatie van draadloze communicatie waarvoor, zoals reeds gezegd, bij alle bestudeerde insecten het geabsorbeerde vermogen hoger is dan voor lagere frequenties.

Hoewel de meeste studies zich hebben toegespitst op de diëlektrische verhitting van biologische weefsels als gevolg van RF-blootstelling met het oog op de bestrijding van schadelijke ongewervelden, hebben betrekkelijk weinig studies zich toegespitst op insecten en biodiversiteit.

Zoals de auteur opmerkt is in het lagere frequentiebereik “slechts een zeer beperkt aantal omgevingsstudies op ongewervelden gericht”. Bovendien zijn er bij “in vivo studies op ongewervelde dieren verscheidene experimentele problemen en geven zij onduidelijke resultaten met betrekking tot een reeks onderzoeksparameters. Er is verder onderzoek nodig naar controlegroepen van betere kwaliteit die aan ‘sham’-exposities zijn blootgesteld.”

In het frequentiegebied > 6 GHz stelt de auteur dat “in vitro demonstraties van neurostimulatie en in vivo demonstraties van ontwikkelings- en teratogene effecten op ongewervelde dieren bij relatief hoge vermogensdichtheden [...] verder moeten worden bestudeerd bij lagere vermogensdichtheden. De literatuur over de RF-blootstelling van ongewervelden in dit frequentiegebied is beperkt en verdient nader onderzoek.”

3.3.2 Enkele laboratoriumstudies over insecten

In het laboratorium is het meest gebruikte type insecten het fruitvliegje, doorgaans de *Drosophila melanogaster*, maar ook andere stammen zoals de *Drosophila virilis* worden gebruikt. Hier worden enkele publicaties beschreven waarin frequenties > 1 GHz werden gebruikt.

Hamnerius et al. (1985) analyseerden de mutageniteit van pulsen op 3,1 GHz met een SAR van 60 of 90 W/kg. Voor de blootstelling werden met name fruitvliegembryo's gebruikt, die een gevoelig systeem vormen waarin de snelheid van de somatische mutaties kan worden beoordeeld op het niveau van de oogpigmentatie. De auteurs hebben geen significant mutageen effect in verband met de blootstelling gevonden. De auteurs hebben de door de blootstelling veroorzaakte temperatuurstijging in de embryo's niet gemeten, maar het is duidelijk dat het om een blootstelling op thermisch niveau ging.

Weisbrot et al. (2003) stelden fruitvliegjes gedurende de 10 dagen van hun ontwikkeling bloot aan een gsm-sigitaal op 1,9 GHz (2 uur/dag) op een zogenaamd "niet-thermisch" niveau van 1,4 W/kg. De auteurs tonen een toename aan van het aantal uitgekomen larven in de blootgestelde groep, alsmede een toename van hsp70 en van markers van de transcriptiewegen (ELK-1 en binding van het serumresponselement). De auteurs concluderen dat bij de vaststelling van blootstellingsgrenswaarden rekening moet worden gehouden met de waargenomen "niet-thermische" effecten. Deze conclusie is evenwel beperkt door het gebrek aan nauwkeurigheid in de presentatie van de dosimetrie en het ontbreken van een temperatuurbewaking bij de insecten, die effectief zou aangeven of de blootstelling "niet-thermisch" is.

De groep van Lukas Margaritis heeft een reeks artikelen gepubliceerd over de effecten van gsm-signalen op fruitvliegjes, waaronder het gsm-sigitaal op 1,8 GHz (Panagopoulos et al., 2007, 2010; Manta et al. 2017). Alle studies maken gebruik van het blootstelsysteem dat in Margaritis et al. (2014) hieronder wordt gepresenteerd, namelijk een commerciële mobiele telefoon. De auteurs beschouwen dit als het "beste" blootstelsysteem voor het bestuderen van blootstelling in de omgeving. De dosimetrische studie is hier echter beperkt tot het niveau van het elektrische veld. (In sommige publicaties wordt een "berekende" SAR gegeven.) Dit "blootstelsysteem" resulteert in een waarschijnlijk zeer ongelijkmatige blootstelling van het lichaam van fruitvliegjes die in vier buisjes worden geplaatst, en sommige fruitvliegjes worden waarschijnlijk niet blootgesteld.



In Margaritis et al. (2014),

“Exposure setup for showing each EMF source and the vials with the flies to be exposed. (A) Mobile phone exposure in the presence of voice simulation through

3.3.3 Conclusie

We hebben nog minder informatie over de effecten van RF op insecten dan op zoogdieren (knaagdieren, primaten, mensen). De weinige beschikbare studies zijn van weinig of geen nut voor de risicobeoordeling van RF-milieublootstelling boven 6 GHz, vanwege de hoge blootstellingsniveaus die werden gebruikt en/of hun de lage kwaliteit door het ontbreken van de dosimetrie en/of adequate controles. De literatuuroverzichten die geen rekening houden met deze elementen leiden tot onjuiste conclusies over de RF-signalen voor 5G.

3.4 Algemene conclusie

Wereldwijd is er op basis van de beoordeling in ons vorige rapport en de nieuw beschikbare onderzoeken momenteel geen bewijs dat omgevings-RF > 3 GHz de gezondheid zou kunnen beïnvloeden.

Met betrekking tot ongewervelde dieren en meer specifiek insecten zijn er te weinig studies om conclusies te trekken.

Daarom is er een reële behoefte aan verder onderzoek met behulp van geavanceerde dosimetrie en gecontroleerde experimentele omstandigheden, met name temperatuurregeling en geschikte biologische controles (schijnblootstellingen). Milieublootstellingsniveaus moeten bij voorkeur worden gebruikt om informatief te zijn met betrekking tot biodiversiteit.

Ten slotte zullen, naast experimentele benaderingen, veldstudies met insecten met, wederom, state-of-the-art dosimetrie nodig zijn om de leemte in de kennis over de effecten van RF op dieren in het wild te vullen, inclusief op bestuivers (bijen, botervliegen, kevers, enz).

3.5 Referenties

Borre, Eline De, Wout Joseph, Reza Aminzadeh, Pie Müller, Matthieu N. Boone, Iván Josipovic, Sina Hashemizadeh, Niels Kuster, Sven Kühn, and Arno Thielens. 2021. "Radio-Frequency Exposure of the Yellow Fever Mosquito (*A. Aegypti*) from 2 to 240 GHz." *PLOS Computational Biology* 17 (10): e1009460. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009460>.

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), 2020. "Insekten und Mobilfunk". <https://www.bfs.de/DE/bfs/wissenschaft-forschung/stellungnahmen/emf/insektensterben-5g.html>

Chapman, Jason W., V. Alistair Drake, and Don R. Reynolds. 2011. "Recent Insights from Radar Studies of Insect Flight." *Annual Review of Entomology* 56 (1): 337–56. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120709-144820>.

Daniel Kissling, W., David E. Pattemore, and Melanie Hagen. 2014. "Challenges and Prospects in the Telemetry of Insects: Insect Telemetry." *Biological Reviews* 89 (3): 511–30. <https://doi.org/10.1111/brv.12065>.

Das, Ipsita, Girish Kumar, and Narendra G. Shah. 2013a. "Microwave Heating as an Alternative Quarantine Method for Disinfestation of Stored Food Grains." *International Journal of Food Science* 2013: 1–13. <https://doi.org/10.1155/2013/926468>.

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*. ;15(7):e0235869. doi: 10.1371/journal.pone.0235869. PMID: 32645106; PMCID: PMC7347199.

Diprose, M. F., F. A. Benson, and A. J. Willis. 1984. "The Effect of Externally Applied Electrostatic Fields, Microwave Radiation and Electric Currents on Plants and Other Organisms, with Special Reference to Weed Control." *The Botanical Review* 50 (2): 171–223. <https://doi.org/10.1007/BF02861092>.

Edwards-Murphy, Fiona, Michele Magno, Pádraig M. Whelan, John O'Halloran, and Emanuel M. Popovici. 2016. "B+WSN: Smart Beehive with Preliminary Decision Tree Analysis for Agriculture and Honey Bee Health Monitoring." *Computers and Electronics in Agriculture* 124 (June): 211–19. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.04.008>.

Estal, P. Del, E. Viñuela, E. Page, and C. Camacho. 1986. "Lethal Effects of Microwaves on *Ceratitis Capitata* Wied. (Dipt., Trypetidae)." *Journal of Applied Entomology* 102 (1–5): 245–53. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1986.tb00918.x>.

Fujiwara, O., and Y. Amemiya. 1982. "Microwave Power Absorption in a Biological Specimen Inside a Standing-Wave Irradiation Waveguide." *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 30 (11): 2008–12. <https://doi.org/10.1109/TMTT.1982.1131360>.

Glover, Kenneth M, Kenneth R Hardy, Thomas G Koiirad, and W N Sullivan. 1966. "Radar Observations of Insects in Free Flight." *Science* 154: 6.

Halverson, Steven L., Wendell E. Burkholder, Timothy S. Bigelow, Erik V. Nordheim, and Mark E. Misenheimer. 1996. "High-Power Microwave Radiation as an Alternative Insect Control Method for Stored Products." *Journal of Economic Entomology* 89 (6): 1638–48. <https://doi.org/10.1093/jee/89.6.1638>.

Henry, Evan, Viacheslav Adamchuk, Trevor Stanhope, Christopher Buddle, and Nathaniel Rindlaub. 2019. "Precision Apiculture: Development of a Wireless Sensor Network for Honeybee Hives." *Computers and Electronics in Agriculture* 156 (January): 138–44. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.11.001>.

Hou, Lixia, Judy A. Johnson, and Shaojin Wang. 2016. "Radio Frequency Heating for Postharvest Control of Pests in Agricultural Products: A Review." *Postharvest Biology and Technology* 113 (March): 106–18. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.11.011>.

Huang, Zhi, Long Chen, and Shaojin Wang. 2015. "Computer Simulation of Radio Frequency Selective Heating of Insects in Soybeans." *International Journal of Heat and Mass Transfer* 90 (November): 406–17. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2015.06.071>.

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)1. 2020. "Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 KHz to 300 GHz):" *Health Physics* 118 (5): 483–524. <https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001210>.

Johnson, J., and M. Marcotte. 1999. "Irradiation Control of Insect Pests of Dried Fruits and Walnuts." <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/32597>.

Kim K, Lee YS, Kim N, Choi HD, Kang DJ, Kim HR, Lim KM. 2020. "Effects of Electromagnetic Waves with LTE and 5G Bandwidth on the Skin Pigmentation In Vitro". *Int J Mol Sci.* ;22(1):170. doi: 10.3390/ijms22010170. PMID: 33375304; PMCID: PMC7794711.

Kridi, Douglas S., Carlos Giovanni N. de Carvalho, and Danielo G. Gomes. 2016. "Application of Wireless Sensor Networks for Beehive Monitoring and In-Hive Thermal Patterns Detection." *Computers and Electronics in Agriculture* 127 (September): 221–35. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.05.013>.

Liorni, Ilaria, Myles Capstick, Luuk van Wel, Joe Wiart, Wout Joseph, Elisabeth Cardis, Mònica Guxens, Roel Vermeulen, and Arno Thielens. 2020. "Evaluation of specific absorption rate in the far-field, near-to-far field and near-field regions for integrative radiofrequency exposure assessment." *Radiation Protection Dosimetry* 190 (4): 459–72. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncaa127>.

Liu, L.M., F.J. Rosenbaum, and W.F. Pickard. 1976. "Electric-Field Distribution Along Finite Length Lossy Dielectric Slabs in Waveguide." *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 24 (4): 216–19. <https://doi.org/10.1109/TMTT.1976.1128819>.

Manta AK; Papadopoulou D; Polyzos AP; Fragopoulou AF; Skouroliakou AS; Thanos D; Stravopodis DJ; Margaritis LH. 2017. "Mobile-phone radiation-induced perturbation of gene-expression profiling, redox equilibrium and sporadic-apoptosis control in the ovary of *Drosophila melanogaster*." *Fly (Austin).*; 11(2):75-95 (ISSN: 1933-6942).

Margaritis L.H., A.K. Manta, K.D. Kokkaliaris, D.Schiza, K. Alimisis, G. Barkas, E. Georgiou, O. G.I. Kollia, G. Kontogianni, A. Kourouzidou, A. Myari, F. Roumelioti, A. Skouroliakou, V. Sykioti, G. Varda, K. Xenos & K. Ziomas. 2014. "Drosophila oogenesis as a bio-marker responding to EMF sources". *Electromagnetic Biology and Medicine*, 33:3, 165-189, DOI: 10.3109/15368378.2013.800102.

Panagopoulos DJ, Chavdoula ED, Nezis IP, Margaritis LH. 2007. "Cell death induced by GSM 900-MHz and DCS 1800-MHz mobile telephony radiation". *Mutat Res.* 626(1-2):69-78. doi: 10.1016/j.mrgentox.2006.08.008. PMID: 17045516.

Panagopoulos DJ, Margaritis LH. 2010. "The effect of exposure duration on the biological activity of mobile telephony radiation". *Mutat Res.s*: 699(1-2):17-22. doi: 10.1016/j.mrgentox.2010.04.010.

Rapport Bruxelles Environnement :

https://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/RAP_COMEX_FR_FINAL_20190606.pdf

Riley, J.R. 1985. "Radar Cross Section of Insects." *Proceedings of the IEEE* 73 (2): 228–32. <https://doi.org/10.1109/PROC.1985.13135>.

Thielens, Arno. 2021. "Environmental Impacts of 5G." Panel for the Future of Science and Technology (STOA) | European Parliament. doi: 10.2861/318352. <https://doi.org/10.2861/318352>.

Simkó M, Mattsson MO. 2019. 5G "Wireless Communication and Health Effects-A Pragmatic Review Based on Available Studies Regarding 6 to 100 GHz". *Int J Environ Res Public Health* ;16(18):3406. doi: 10.3390/ijerph16183406. PMID: 31540320; PMCID: PMC6765906.

Thielens, Arno, Duncan Bell, David B. Mortimore, Mark K. Greco, Luc Martens, and Wout Joseph. 2018. "Exposure of Insects to Radio-Frequency Electromagnetic Fields from 2 to 120 GHz." *Scientific Reports* 8 (1): 3924. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22271-3>.

Thielens, Arno, Mark K. Greco, Leen Verloock, Luc Martens, and Wout Joseph. 2020. "Radio-Frequency Electromagnetic Field Exposure of Western Honey Bees." *Scientific Reports* 10 (1): 461. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56948-0>.

Thill A. 2020. "Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder auf Insekten". *Reviewumwelt · medizin · gesellschaft* | 33 | 3/2020.

Toribio, David, Wout Joseph, and Arno Thielens. 2021. "Near Field Radio-Frequency Electromagnetic Field Exposure of a Western Honey Bee." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/TAP.2021.3111286>.

Wang, S, and J Tang. 2001. "Radio frequency and microwave alternative treatments for insect control in nuts: a review." *Agricultural Engineering Journal*, 16.

Wang S., J. Tang, R. P. Cavalieri, and D. C. Davis. 2003. "Differential heating of insects in dried nuts and fruits associated with radio frequency and microwave treatments." *Transactions of the ASAE* 46 (4). <https://doi.org/10.13031/2013.13941>.

Wang Y, Zhang H, Zhang Z, Sun B, Tang C, Zhang L, Jiang Z, Ding B, Liao Y, Cai P. 2021. "Simulated mobile communication frequencies (3.5 GHz) emitted by a signal generator affects the sleep of *Drosophila melanogaster*". *Environ Pollut*. 283:117087. doi: 10.1016/j.envpol.2021.117087.

Watters, F.L. 1976. "Microwave Radiation for Control of *Tribolium Confusum* in Wheat and Flour." *Journal of Stored Products Research* 12 (1): 19–25. [https://doi.org/10.1016/0022-474X\(76\)90018-7](https://doi.org/10.1016/0022-474X(76)90018-7).

Weisbrot D., H. Lin, L. Ye, M. Blank, R. Goodman. 2003. "Effects of mobile phone radiation on reproduction and development in *Drosophila melanogaster*", *J. Cell Biochem*. 89 (1) () 48–55.

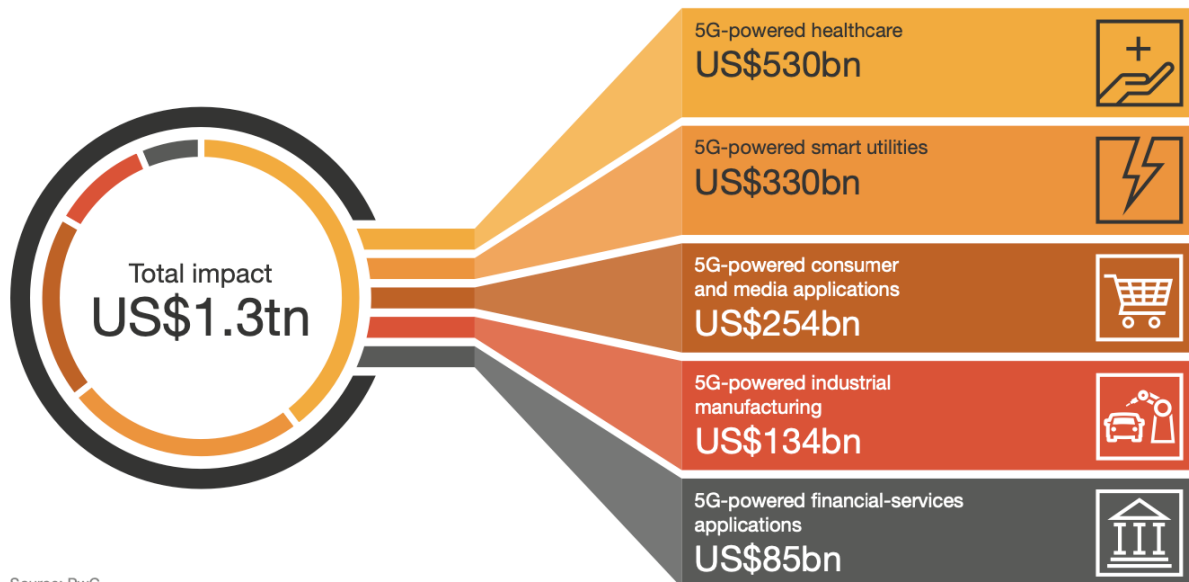
Yadav, Deep N., Tanupriya Anand, Monika Sharma, and R. K. Gupta. 2014. "Microwave Technology for Disinfestation of Cereals and Pulses: An Overview." *Journal of Food Science and Technology* 51 (12): 3568–76. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0912-8>.

4 Macro-economische aspecten van de telecomindustrie

4.1 Introductie

Naarmate de acceptatie en uitrol van 5G versnellen, beginnen verschillende instanties met het kwantificeren van de potentiële impact van de technologie in economische termen. PWC stelt in een rapport uit 2021 (Chow, 2021) dat meer dan 80% van het economische potentieel van 5G lijkt te liggen in toepassingen voor de gezondheidszorg (naar verwachting 530 miljard dollar bijdragen aan het wereldwijde bbp), slim beheer van nutsvoorzieningen (330 miljard dollar extra) en consumenten- en mediatoepassingen (254 miljard dollar meer). De totale geschatte stijging ligt op US \$ 1,3 biljoen.

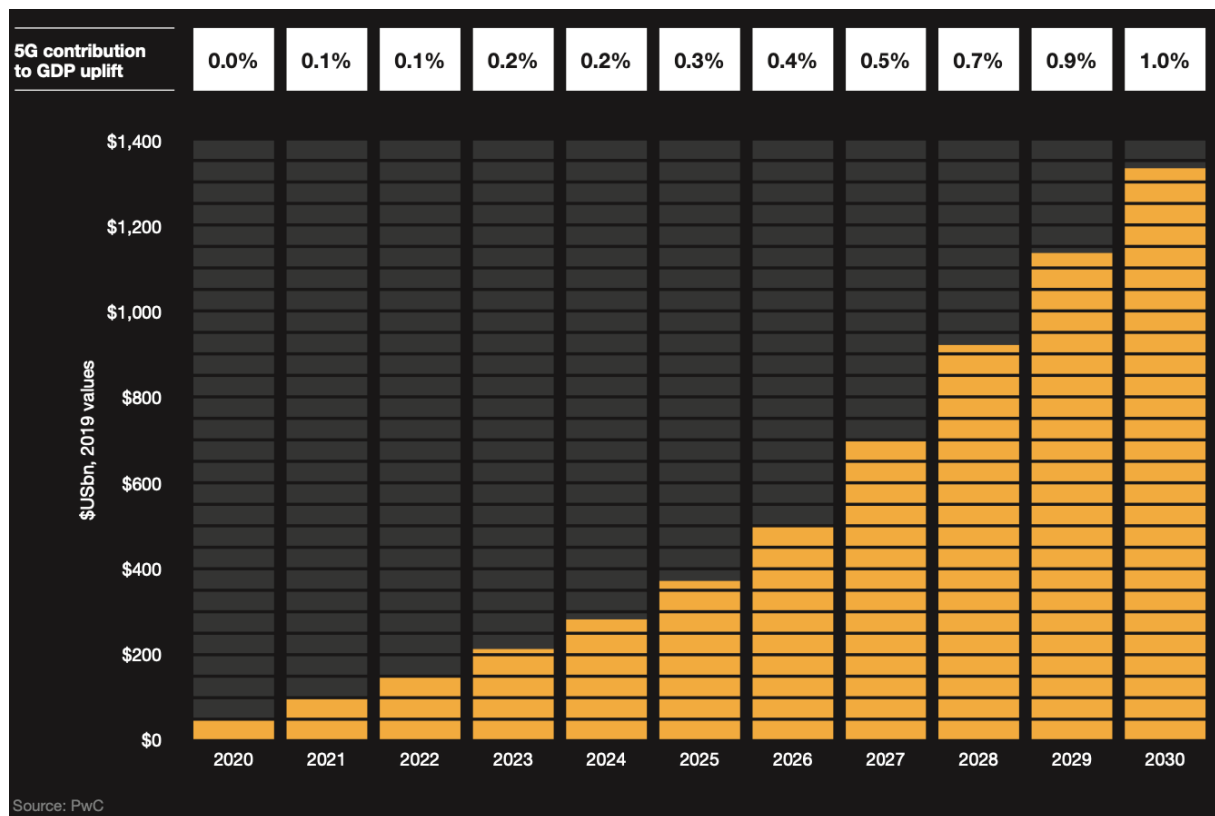
Figuur 1. Geschatte bijdrage van 5G technologie aan de wereldeconomie per sector



Source: PwC

Bron: PWC

Figuur 2. Geschatte bijdragen van 5G technologie aan het globale BBP periode 2020-2030.



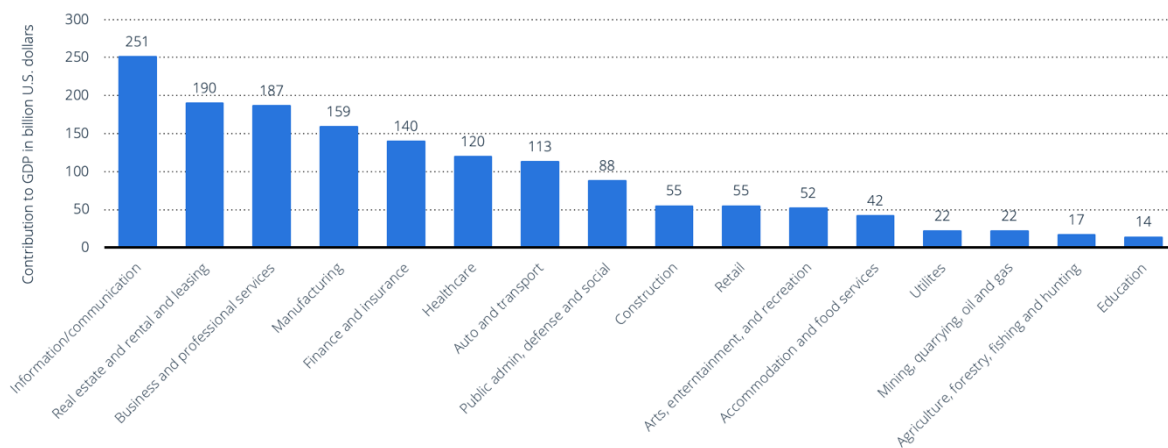
Bron: PWC

PWC roept dan ook op om oog te hebben voor waar en hoe 5G concurrentievoordelen kan creëren, alsook voor de implementatie- en integratievereisten waaraan moet worden voldaan om deze waarde ook effectief te genereren. Andere bronnen zoals IHS Markit haalden in 2020 aan dat de macro-economische voordelen van 5G, in termen van 5G-gerelateerde investeringen (zowel CAPEX als R&D) van 2020 tot 2035 door bedrijven die deel uitmaken van de 5G-waardeketen in slechts zeven landen (China, Verenigde Staten, Japan, Duitsland, Zuid-Korea, Frankrijk en het Verenigde Koninkrijk), jaarlijks gemiddeld meer dan \$ 260 miljard zullen bedragen (Aniruddha , Campbell, Flanagan, & O’Neil, 2020). Zo schatte IHS Markit verder in dat de 5G-waardeketen tegen 2035 \$ 3,8 biljoen aan bruto-output zal genereren en 22,8 miljoen nieuwe banen zal ondersteunen. Bovendien zullen zeven landen goed zijn voor bijna 84% van de bijdrage aan de wereldwijde 5G-gerelateerde bruto-output en meer dan 88 % van de bijdrage aan nieuwe werkgelegenheid.

Dankzij een aanzienlijke toename van 5G-gerelateerde investeringen (CAPEX en R&D), wordt verwacht dat China in 2035 een groter aandeel in de 5G-waardeketen zal veroveren - ongeveer \$ 400 miljard (of 36%) hoger op \$ 1,5 biljoen dan de \$ 1,1 biljoen die werd voorspeld in 2019. Daarentegen zal het aandeel van de rest van de wereld naar verwachting ongeveer 19% lager zijn. Het tragere economische groeitrajec van de post-COVID-19-wereld kan onevenredig worden gevoeld door kleinere landen die niet de veerkracht hebben om even snel terug te keren als grotere economieën. Dit zal hun investeringsprioriteiten beïnvloeden en neerwaartse druk uitoefenen op 5G-gerelateerde uitgaven.

Rapporten, zoals dit van Accenture van 2021 focussen meer specifiek op de Verenigde Staten en de macro-economische impact die dit land zal ondervinden onder impuls van 5G (Wang, et al., 2021). Zij voorspellen dat tussen 2021-2025 5G technologie in de VS goed zal zijn voor een toename met \$ 2,7 biljoen omzet & \$ 1,5 biljoen BBP. Bovendien stelt Accenture, heeft 5G in de VS het potentieel om tot 16 miljoen voltijdse, deeltijdse en tijdelijke banen te creëren of te transformeren om aan de toegenomen vraag te voldoen, waardoor een arbeidsinkomen wordt gegenereerd dat door de economie circuleren. Deze groei zal volgens Accenture een sleutelrol spelen in het Amerikaans herstel na COVID-19 en helpen bij het opbouwen van veerkracht voor de toekomst.

Figuur 3. Bijdrage van 5G aan het BBP van de Verenigde Staten tegen 2025 per sector



Bron: Accenture

Figuur 4. Geschatte economische impact van 5G per land uitgedrukt in dollar

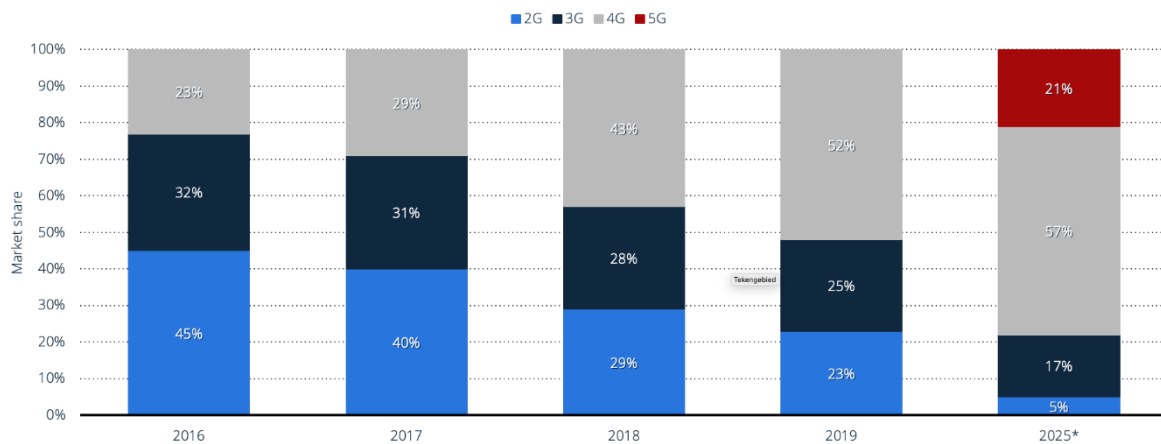


Bron: PWC

De cijfers zijn dus zeker niet gelijklopend, doch geven zij een trend weer. De verschillende auteurs hebben een grote verwachting gekoppeld aan de uitrol en impact van 5G op de wereldeconomie. Dit laatste ziet men ook vertaald in de verwachte adoptie van mobiele technologie waarin men, in onderstaande figuur merkt dat de adoptie graad van 5G zeer sterk zal toenemen (schatting) vanaf 2025. Deze adoptiegraad zou op dat moment resulteren in wel 20% van de markt voor mobiele telecom technologie.

Figuur 5. Wereldmarkt aandeel van mobiele telecom technology per type generatie

Global market share of mobile telecom technology 2016-2025, by generation

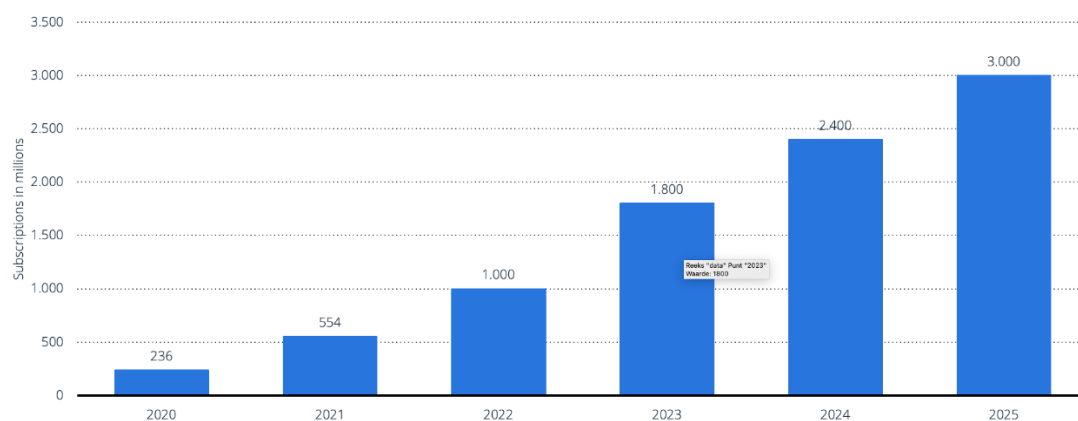


Bron: GSMA Intelligence

4.2 De status van de 5G uitrol wereldwijd

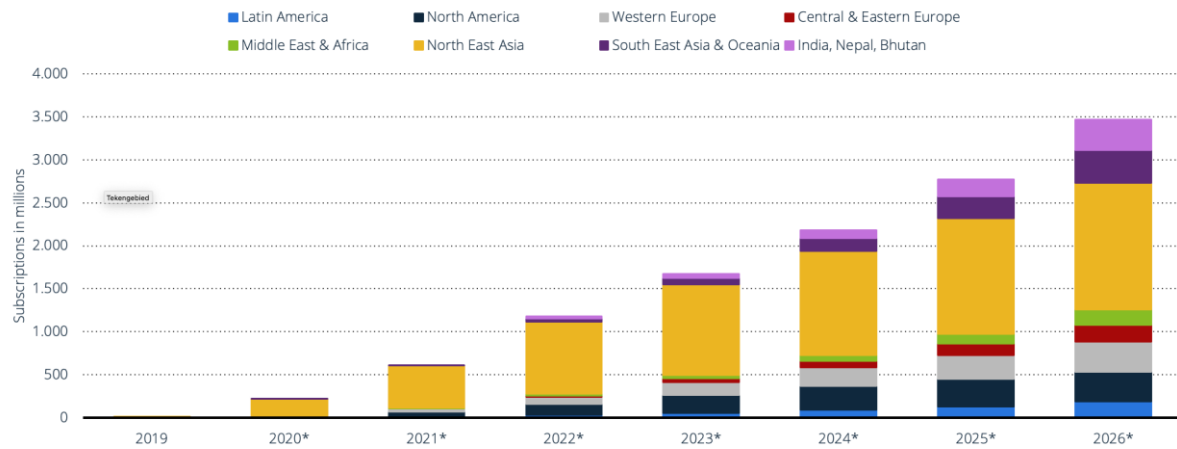
Algemeen wordt dus verwacht dat naar gelang 5G verder wordt uitgerold de adoptiegraad van de technologie zal volgen. Hierbij dient men evenwel oog te hebben voor de verschillende snelheden waarmee de technologie wereldwijd haar adoptie zal kennen. Zo is het nu al duidelijk dat deze adoptiegraad hoger zal liggen in de regio Zuidoost-Azië, dan in de rest van de wereld.

Figuur 6. Schatting van het aantal 5G abonnementen wereldwijd tegen 2025



Bron: Ericsson

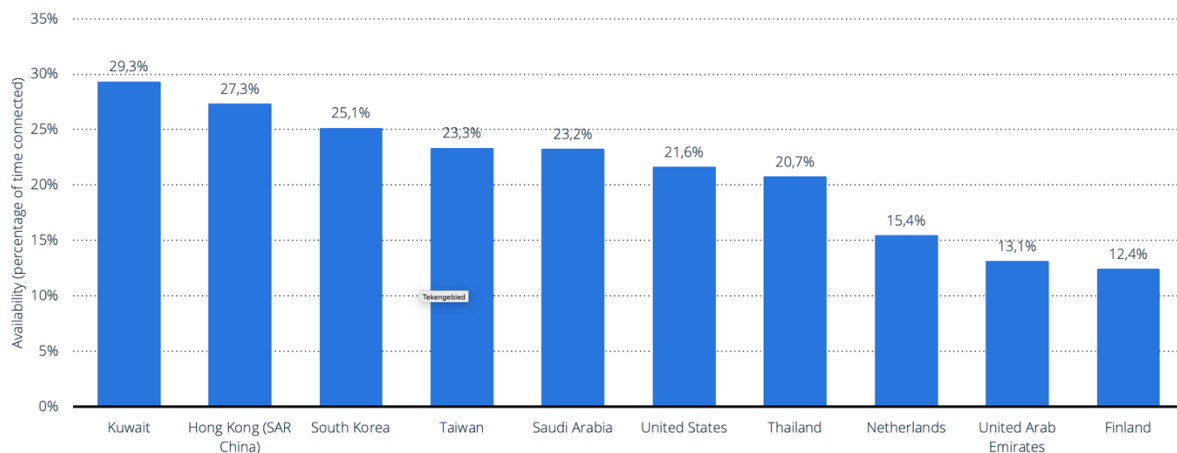
Figuur 7. Schatting van het aantal 5G abonnementen wereldwijd tegen 2025 per regio



Bron: Ericsson

Figuur 8. Beschikbaarheid van 5G in toonaangevende landen in 2021

Availability of 5G in leading countries 2021

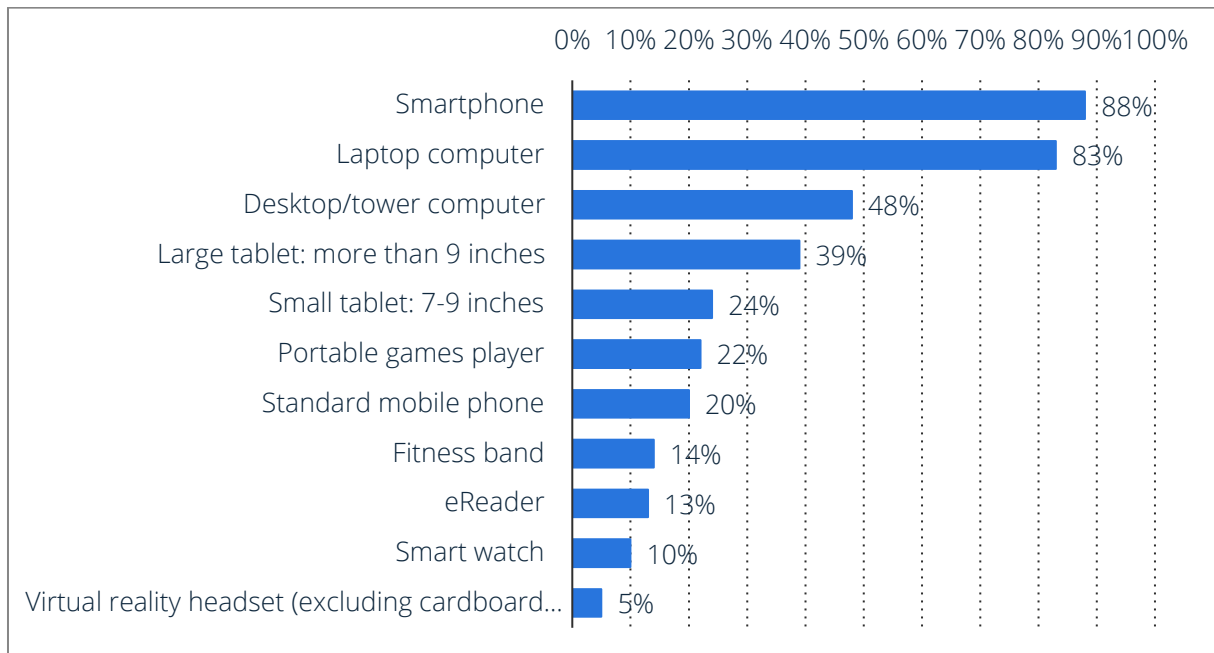


Bron: Opensignal

4.3 Focus op België

Een studie uit 2019, uitgevoerd door Deloitte bij 2002 respondenten toonde aan dat qua mobiele toestellen of toestellen met mobiele communicatietechnologie, bij de Belgische bevolking de smartphone veruit het vaakst gebruikte toestel is (Fosty, Debusschere, & Pirard, 2019). De verkoop van mobiele telefoons liep evenwel tijdens de COVID-19 pandemie sterk terug (GfK, 2020).

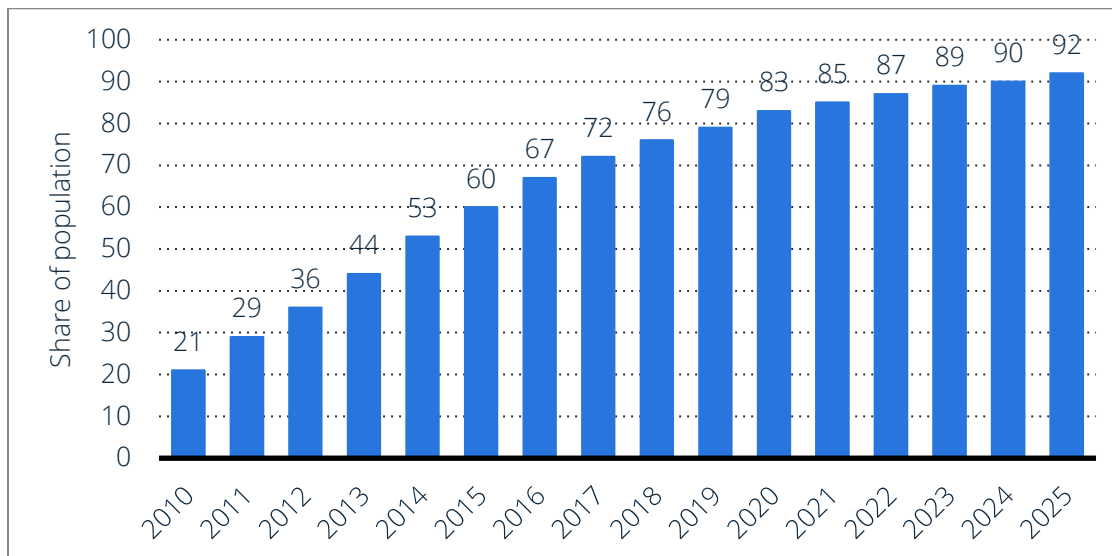
Figuur 9. Adoptiegraad Mobilele toestellen



Bron: Deloitte

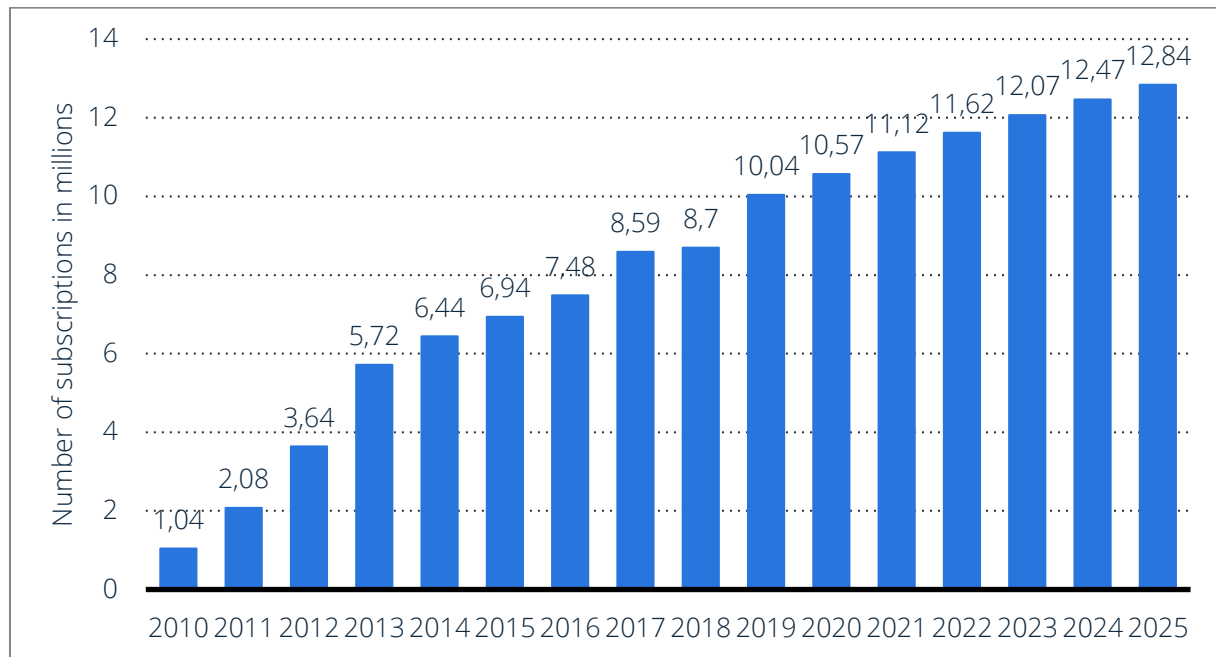
Het gegeven dat de smartphone een primaire rol speelt in de mobiele communicatie in België ziet zich tevens vertaald in de hoge adoptiegraad van mobiel internet in België zoals ook weergegeven in onderstaande figuur, alsook in het hoge aantal mobiele breedband abonnementen gebruikt in België, zoals aangetoond in figuur 11.

Figuur 10. Adoptiegraad mobiel internet in België



Bron: Statista

Figuur 11. Aantal mobiele breedband abonnement in België

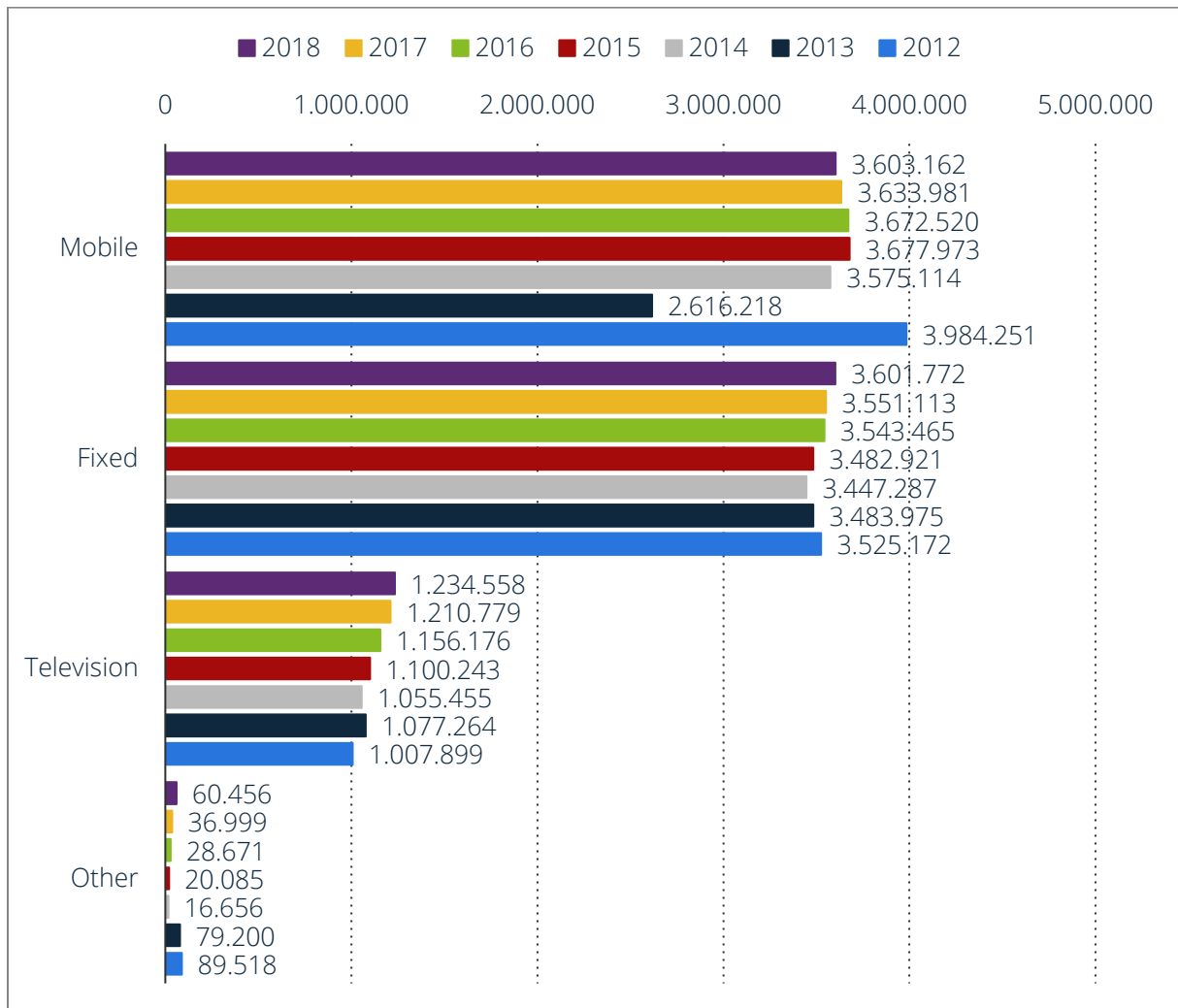


Bron: Statista

Mobiel internet en de hoge adoptiegraad ervan in België vertaalt zich verder in een relatief hoge return voor de telecommarkt in ons land. Onderstaande figuur toont aan dat mobiel en vast internet de belangrijkste producten zijn in de korf aan producten die door Belgische telecombedrijven worden aangeboden.

Verder is ook duidelijk dat binnen het gebruik van mobiele apparaten en meer specifiek voor mobiele telefoons, de omzet gegenereerd door telecom operatoren voornamelijk volgt uit de retail diensten zoals telefoneren, sms'en mobiel dataverkeer. Andere diensten leveren in proportie veel minder op zoals figuur 13 ook weergeeft.

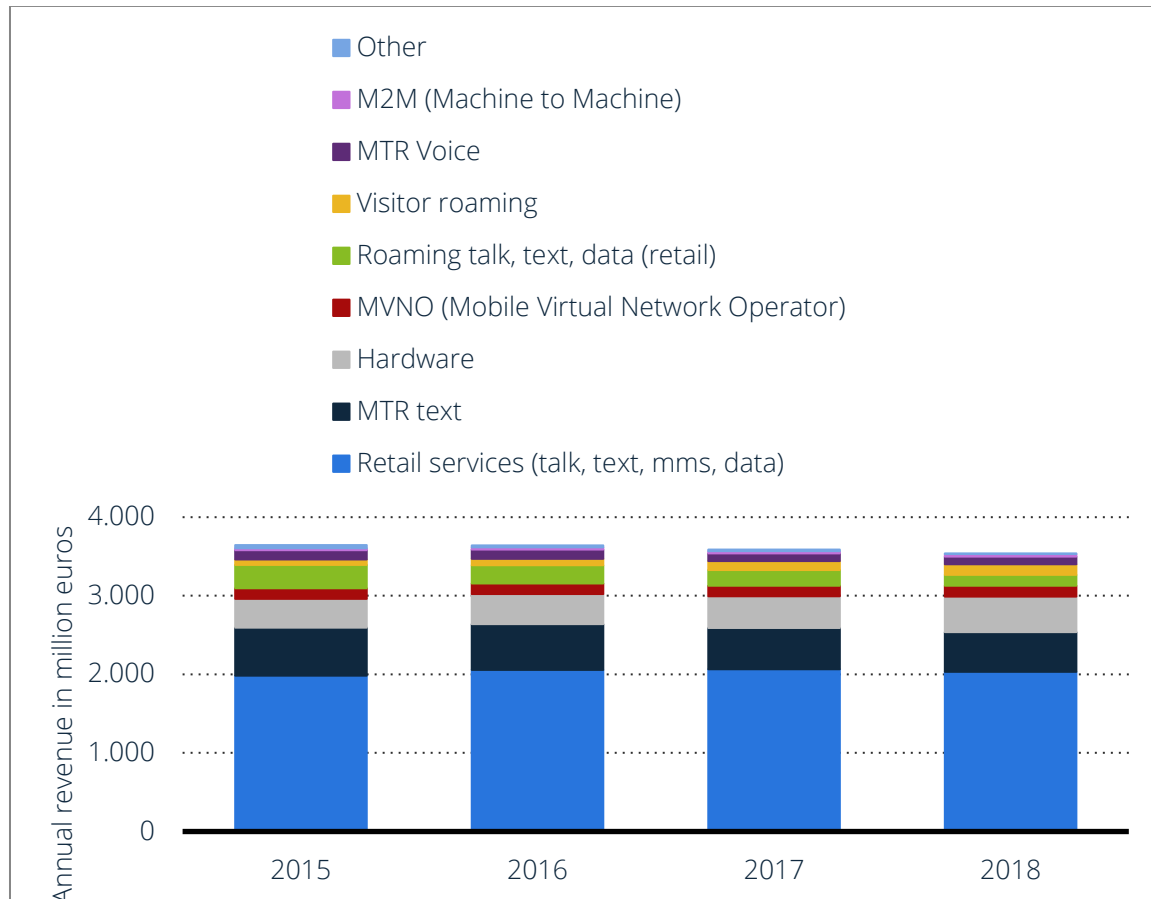
Figuur 12. Omzet van de telecomsector in België per type product uitgedrukt in 1000 euro's



Bron: BIPT

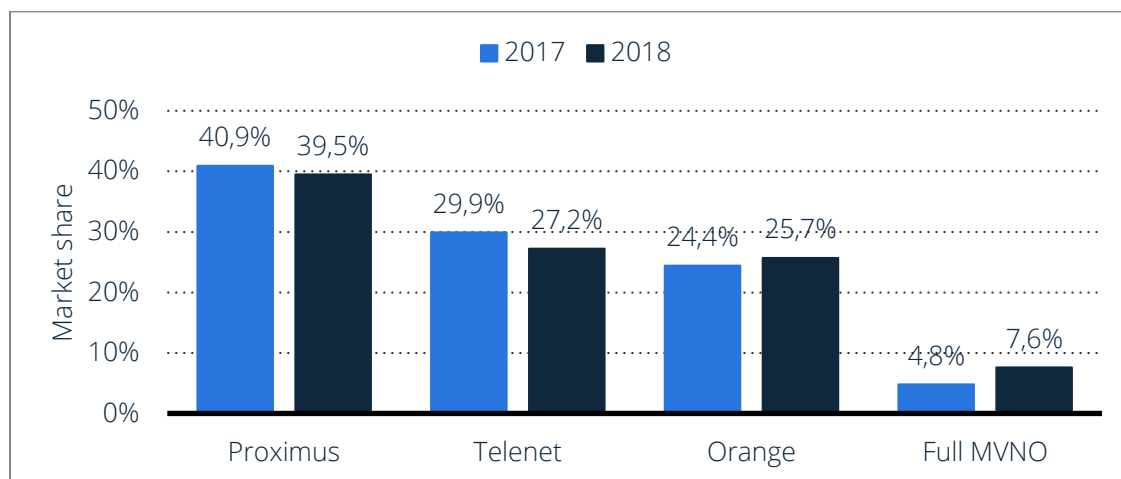
Het leeuwendeel van het marktaandeel voor de aanbieders van mobiel internet ging in 2018 naar Proximus, gevolgd door Telenet, Orange en enkel MVNOs, zoals ook zichtbaar in figuur 14.

Figuur 13. Omzet gegeneerd door het gebruik van mobiele telefoons



Bron: BIPT

Figuur 14. Marktaandeel mobiel internet operatoren in België



Bron: BIPT

4.4 Conclusie

De verwachting over de impact van 5G technologie in macro-economische termen blijven hooggespannen. Voornamelijk in Azië is de adoptiegraad hoog en lijkt ook de mogelijke economische meerwaarde zich te zullen manifesteren. De assumptie is dat kleinere landen en of kleinere economieën het momenteel moeilijk hebben om zich uit het dal, geschapen door de COVID-19 pandemie, te sleuren. De verwachtingen geven evenwel weer dat ook elders (buiten Azië) in de wereld, voornamelijk de VS, Frankrijk & Duitsland, de impact van 5G technologie voelbaar zal zijn zowel in de mate waarin het bijdraagt aan stijgende verkopen, het BBP en de tewerkstelling. België lijkt deze trend te zullen volgen, gegeven dat de adoptiegraad van mobiel internet blijft toenemen en mobiele operatoren een groot deel van hun omzet gerealiseerd weten worden als gevolg van de producten die men in deze in de markt zet.

4.5 Bibliografie

- Aniruddha , B., Campbell, K. A., Flanagan, B., & O’Neil, B. (2020). *The 5G Economy in a Post- COVID-19 Era - The role of 5G in a post-pandemic world economy*. IHS Markit. IHS Markit.
- Chow, W. (2021). *The Global Economic impact of 5G*. PWC. PWC.
- Fosty, V., Debusschere, V., & Pirard, V. (2019). *Mobile Consumer Survey 2019 - Theme 2: Wearables on the rise*. Opgehaald van www.deloitte.com: <https://www2.deloitte.com/be/en/pages/technology-media-and-telecommunications/topics/mobile-consumer-survey-2019/wearables.html>
- GfK. (2020). *COVID-19 Impact on Non-Food Retail Belgium Week* . Opgehaald van insights.gfk.com: <https://insights.gfk.com/en/belgian-non-food-retail-behind-closed-doors>
- Wang, J., Roy, H., Alam, S., Rao, T., Ahshrup, S., & McCluskey, W. (2021). *The Impact of 5G on the United States Economy*. Accenture. Accenture.