

Leefmilieu Brussel



Verslag van het comité van deskundigen inzake niet-ioniserende straling 2023

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.	Verbeteringen aan de simulator	5
1.2.	Inspanningen om informatie te verspreiden onder het publiek.....	5
1.3.	Inspanningen om de naleving van afgegeven vergunningen te controleren.....	6
1.4.	Algemeen advies over het meetprotocol.....	6
2.	Smartphone technologie	7
2.1.	Overzicht van de generaties en technologieën.....	7
2.2.	2G	8
2.3.	3G	8
2.4.	4G	9
2.5.	5G	10
3.	Uitrol van 5G en menselijke blootstelling versus regelgeving	12
3.1.	Inleiding	12
3.2.	Regelgeving	12
3.3.	Experimentele meting van de EMV van 5G: hoe zit het met milieuwaarden?	13
3.4.	Experimenteel onderzoek met mensen naar de effecten van blootstelling aan het elektromagnetische veld van 5G	14
	Bibliografie:	15
4.	Macro-economic Developments in European 5G Technology (2023)	17
4.1.	Introduction.....	17
4.2.	Expansion of 5G Mobile Subscriptions.....	17
4.3.	Increased Investment in 5G Infrastructure	17
4.4.	International Collaborations and Comparisons.....	18
4.5.	Conclusion	18
5.	Micro-economic Developments in 5G Technology in Brussels, Belgium (2023).....	19
5.1.	Introduction.....	19
5.2.	Launch of 5G Services in Brussels.....	19
5.3.	Operator Activities and Network Upgrades	20
5.3.1.	5G Spectrum Auction and Frequency Assignments	20
5.4.	Impact of 5G on SMEs, Sustainability and Smart City Initiatives.....	20
5.4.1.	Impact on Small and Medium Enterprises (SMEs)	20
5.4.2.	Sustainability and Smart City Initiatives	20
5.5.	Challenges and Considerations	20

5.6. Conclusion	21
References.....	21

1. Evaluatie van de toepassing van de ordonnantie

1.1. Algemene toepassing van de technische aspecten van de ordonnantie

De ordonnantie van 2007 betreffende de bescherming van het leefmilieu tegen de eventuele schadelijke effecten en hinder van niet-ioniserende stralingen werd in 2023 gewijzigd om rekening te houden met de 5^{de} generatie mobiele telefonie (5G).

De belangrijkste veranderingen zijn de hogere blootstellingsnormen en het feit dat rekening gehouden wordt met de emissies van radio- en tv-antennes. Het resultaat is een strengere norm voor binnenshuis van 9,19 V/m 900 MHz-equivalent en een norm voor buitenshuis van 14,57 V/m.

Nadat de ordonnantie was gewijzigd, werd het klasseringsbesluit uitgevaardigd om de nieuwe ordonnantie om te zetten en een kader te bieden voor de komst van een 4^{de} operator. Dat besluit stelt de quota per operator vast.

Ons advies over dit dossier is ingediend (zie bijgevoegd document) en is met name gebaseerd op het 'Verslag 2023 van de directie Stedenbouw aan het comité van deskundigen inzake niet-ioniserende straling' en het 'Verslag 2023 over de uitvoering van de GSM-ordonnantie' van de departementen 'Technologieën en stralingen' en 'Elektromagnetische stralingen en Luchtverkeer'.

De nieuwe ordonnantie voorziet in extra controles in de milieuvergunning, met betrekking tot de energietransitie en duurzaamheid. De tekst van het charter is hier bijgevoegd om dit aspect te verduidelijken:

"Het charter voorziet ook in een 5G mMIMO-metingscampagne, gefinancierd door de operatoren. Deze campagne, die eind 2023 van start gaat, heeft enerzijds als doel de methode en het protocol te definiëren voor het meten en controleren van de installatie van Power Control, door metingen uit te voeren op 5G-sites in Brussel, en anderzijds ervoor te zorgen dat er correct rekening wordt gehouden met actieve antennes bij de aflevering van milieuvergunningen."

Het comité van deskundigen moet daarom ook worden uitgebreid met expertise op het gebied van energieverbruik en afvalbeheer in de sector van draadloze telecommunicatie. Deze onderwerpen zijn namelijk toegevoegd aan de ordonnantie.

1.1.1. Algemene situatie van het meetprotocol

Het comité heeft de methode beoordeeld voor het meten van niet-ioniserende straling op basis van Méthode de mesure GSM_2023.docx (aangeleverd door het departement Beheer van de overlast) bij klachten van omwonenden. Zoals blijkt uit de verdeling van de frequenties per operator, zijn de voornaamste technologieën momenteel 2G, 3G en 4G. 5G bevindt zich nog in de uitrolstart in de banden van 700 MHz, 2100 MHz en 3600 MHz.

Volgens het besluit tot vaststelling van de methode en de omstandigheden voor de meting van het elektromagnetische veld dat door bepaalde zendmasten uitgezonden wordt¹ moet momenteel twee minuten lang gemeten worden per gebruikt protocol. Om de duur van de controle te beperken zonder

¹ https://www.ejustice.just.fgov.be/cgi/article_body.pl?language=nl&pub_date=2021-07-09&caller=summary&numac=2021021310

de meettijd te verkorten, stelt het comité voor om de meting van één protocol tegelijk te vervangen door een meting die de hele bandbreedte in één keer beslaat, maar zes minuten duurt. Dit zorgt voor een grotere tijdsdiversiteit terwijl rekening wordt gehouden met alle frequentiebanden. Het comité stelt voor om deze alternatieve methode te beoordelen om te voorkomen dat de meettijden te lang worden zonder dat de tijdsspanne van de meting moet worden verkort.

Leefmilieu Brussel heeft ook een opdracht uitgeschreven om een dienstverlener aan te wijzen die als deskundige nagaat of de normen voor niet-ioniserende straling worden nageleefd. De geselecteerde dienstverlener moet het besluit naleven en zich baseren op artikel 3 van de ordonnantie.

Het comité merkt op dat de meettijd niet duidelijk wordt gespecificeerd in het bestek. Gezien deze parameter veel impact heeft op de meetnauwkeurigheid, stelt het comité voor om deze parameter meer te benadrukken in de offerteaanvraag.

1.1.2. Verbeteringen aan de simulator

De simulator Mithra-REM werd bijgewerkt. De operatoren kunnen hun aanvragen rechtstreeks in de software indienen, wat de vergunningsaanvragen versnelt. Technisch gezien kan de software nu rekening houden met schuine daken en broadcast (met de methode van de ellipsoïden van Fresnel in plaats van de ray-tracingmethode).

1.2. Inspanningen om informatie te verspreiden onder het publiek

Het comité stelt vast dat de administratie de inspanningen heeft verdergezet om de verspreiding van informatie over niet-ioniserende straling onder het grote publiek te verbeteren, zoals het comité had voorgesteld, evenals informatie over de werking van het comité van deskundigen.

Zie <https://leefmilieu.brussels/burgers/wetgeving/wetteksten/wat-zijn-de-wettelijke-normen-voor-blootstelling-aan-elektromagnetische-golven>

Het comité ziet dat de administratie deze informatie up-to-date houdt, onder meer met de wijzigingen in de ordonnantie. De positie van de Brusselse ordonnantie ten opzichte van andere wetgevingen (Belgische, Europese, internationale) is ook belangrijke informatie, die te vinden is op de bovenvermelde website.

De informatie op het internet over hoe blootstellingsnormen worden gecontroleerd is ook belangrijk voor de burgers. Die informatie gaat over de simulaties en de controles op het terrein, waaronder de Drive Test. De simulatiegegevens zijn nu gemakkelijker te raadplegen, omdat ze gecentraliseerd zijn in een nieuwe viewer.

Zie <https://antennes3d.environnement.brussels/tw3d.php?id=001894860&lang=nl>

De pagina's voor professionals zijn eveneens bijgewerkt met de verplichtingen op het vlak van elektromagnetische golven.

1.3. Inspanningen om de naleving van afgegeven vergunningen te controleren

Het comité merkt op dat de administratie zich blijft inspannen om de conformiteit tussen de afgegeven milieuvergunningen en de antenne-installaties te verbeteren. Daartoe stelt de administratie zich tot doel om twee keer per maand de uittreksels van het Operations and Maintenance Center (OMC) van de operatoren te toetsen aan de milieuvergunningen. Bovendien is nu een conformiteitscertificaat voor installaties vereist voor elke wijziging aan een installatie.

1.4. Algemeen advies over het meetprotocol

Het comité is van mening dat LB de controlemaatregelen en simulaties correct, accuraat en oordeelkundig uitvoert. Het comité merkt op dat de positieve evolutie in de procedures aanhoudt. Het comité staat positief tegenover de inspanningen om de metingen verder te verbeteren.

Het comité wenst te benadrukken dat de nieuwe 5G-norm 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.

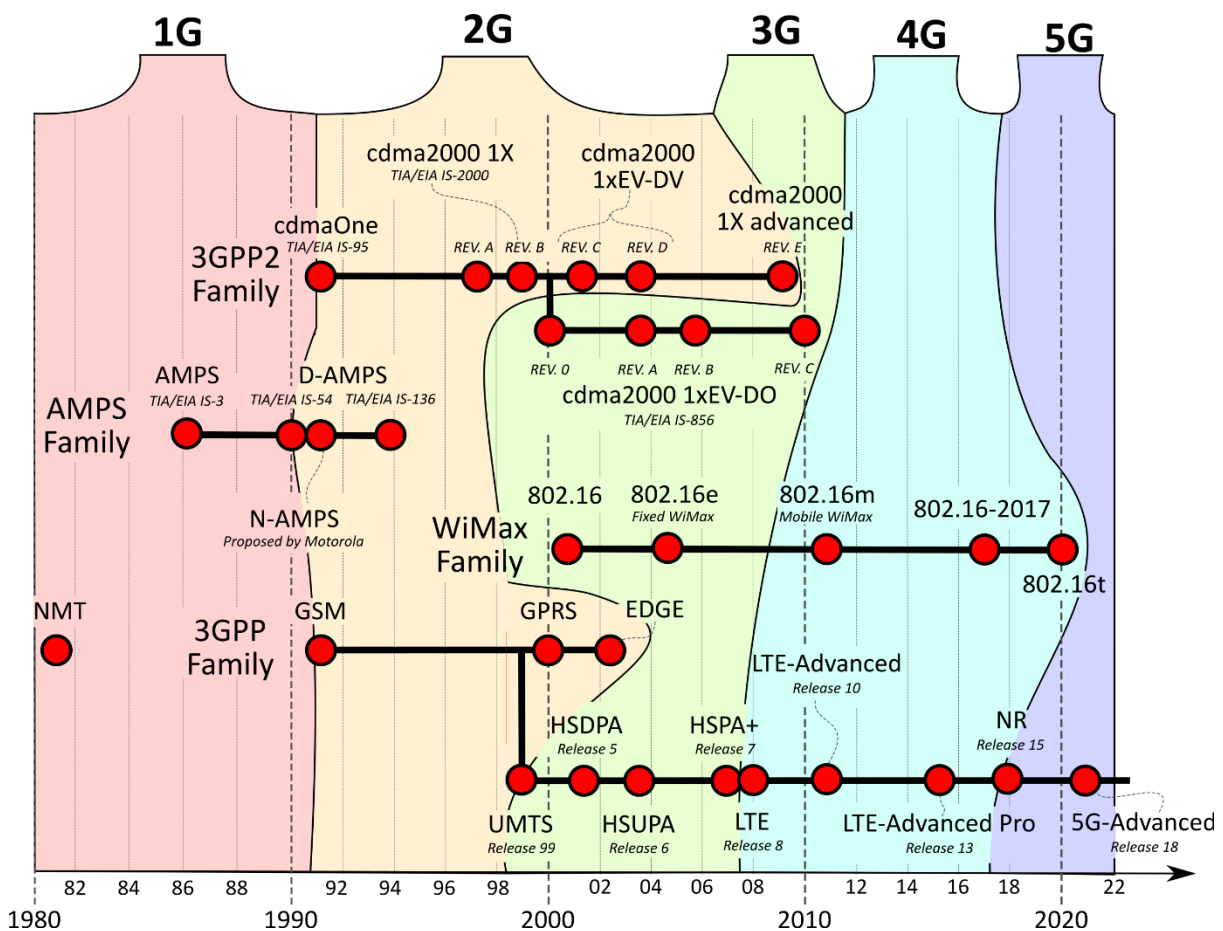
2. Smartphone technologie

In het rapport van dit jaar beschrijven we een aantal interessante weetjes over mobiele communicatie. We bespreken een aantal basisconcepten en trachten alles op een manier uit te leggen die zo weinig mogelijk technische kennis vereist. Dit maakt echter ook dat wij niet in detail kunnen ingaan op de technische elementen gezien dit ons veel te ver zou leiden.

2.1. Overzicht van de generaties en technologieën

De 'GSM' kende zijn opkomst in het begin van de jaren 90. De acroniem GSM staat voor '*global system for mobile communications*' (en vroeger ook wel voor '*Groupe Spécial Mobile*'). Wanneer een acroniem ruim bekend wordt, bestaat de gewoonte in onze Nederlandse taal om het acroniem niet meer met hoofdletters te schrijven, vandaag schrijven we dus 'gsm' in plaats van GSM.

De gsm heeft verschillende generaties en opeenvolgende evoluties gekend, en deze gaan nog steeds verder. De eerste gsm-generatie die echt op grote schaal is doorgebroken, is gekend onder de naam 2G, wat staat voor tweede generatie. De eerste generatie is nooit echt onder het grote publiek gebruikt. Door de jaren heen, grofweg om de tien jaar, is een volgende generatie verschenen: 3G in de jaren 2000, 4G in 2010 en 5G in 2020.



Bron Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Cellular_network_standards_and_generation_timeline.svg

2.2. 2G

De tweede generatie, 2G, maakt gebruik van de GSM-technologie en wordt nog steeds gebruikt. De operatoren bieden deze technologie nog steeds aan op hun zendmasten, en oude toestellen kunnen er nog steeds gebruik van maken.

2G laat toe om gesprekken te voeren en deze zijn gebaseerd op een circuit-geschakeld (circuit-switched) concept: net zoals bij een klassieke telefoon wordt een verbinding opgemaakt tussen twee toestellen waarna het gesprek loopt en blijft bestaan tot er ingehaakt wordt. De hele tijd gebruikt de gsm een dubbel frequentiekanaal om er op uit te zenden en op te luisteren.

De standaard voorziet erin om te kunnen bellen met andere gsm-gebruikers, maar ook met het vaste telefonienetwerk. Bovendien is er vanaf het begin in voorzien dat je toestel technisch ook in het buitenland bruikbaar is (in functie van je abonnement).

Later is de GSM-standaard uitgebreid met EDGE en GPRS-technologie. Deze zijn pakket-geschakelde (packet-switched) methoden die toelaten om ook data te versturen, zij het aan zeer lage debieten.

Tenslotte vermelden we ook de SMS (Short Message Service), de mogelijkheid om korte berichten te verzenden (tot 140 karakters).

Naast het voeren van gesprekken en rudimentaire internettoegang wordt 2G nog steeds gebruikt voor machine-naar-machine (Machine-to-Machine) communicatie met data-pakketten.

Er wordt verwacht dat de 2G technologie de komende jaren stilaan zal verdwijnen maar toch nog tot eind de jaren 20 zal blijven bestaan.

In België worden de 900 MHz- en 1800 MHz-band gebruikt voor 2G.

2.3. 3G

De derde generatie mobiele telefonie maakt sinds de jaren 2000 in België gebruik van de UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) technologie. In andere werelddelen zijn dit soms andere technologieën. 3G combineert opnieuw beide concepten van circuit-switched communicatie voor gesprekken en packet-switching voor internettoegang (surfen, mail etc.).

De grote vooruitgang bestond vooral in een groter datadebiet. Dit was nodig omdat webpagina's steeds complexer werden en meer telecommunicatie-capaciteit vroegen om tot bij de gebruiker te geraken. Internetgebruik werd gemeengoed en iedereen begon er gebruik van te maken om bv. uurregelingen van treinen te bekijken of verkeersinformatie op te vragen of om mobiel mailverkeer te kunnen doen.

Om al deze signalen te kunnen verwerken, werden bijkomende antennesites gebouwd en werden nieuwe frequenties in gebruik genomen, vooral in de 2100 MHz-band in België. Tegenwoordig gebruiken de operatoren ook de 900 MHz-band om 3G diensten te leveren.

UMTS heeft ook verschillende opeenvolgende evoluties gekend: HSPA (High Speed Packet Access), eerst enkel HSDPA voor ontvangst door de gebruiker (downlink genoemd) maar later ook in de uplink, van de gebruiker naar het internet.

Verwacht wordt dat de 3G technologie in 2024 en 2025 in België zal verdwijnen. Dat 2G langer in stand gehouden wordt, komt omdat de oudste toestellen zeker 2G aankunnen (en niet noodzakelijk 3G, vooral in Machine-To-Machine).

2.4. 4G

De invoering van de vierde generatie betekende terug een grote evolutie. Ze maakt gebruik van de LTE (Long Term Evolution) technologie. Waar 3G toeliet om naar nieuwe en grotere webpagina's te surfen, laat 4G toe om video te streamen. Mobiel naar Youtube kijken, of videogesprekken voeren met familie op vakantie werd mogelijk.

Hiervoor waren terug grotere datadebieten nodig, en 4G laat dit sinds de jaren 2010 toe. Ook telewerken via LTE, bv. op verplaatsing waar geen vaste netwerkaansluiting beschikbaar is, werd mogelijk.

Stilaan wordt een mobiel toestel eerder een smartphone genoemd dan een gsm, ook al blijven beide namen veel gebruikt.

De 4G technologie gebruikt geen circuit-switching meer, en om telefoongesprekken te kunnen voeren moest er de eerste jaren teruggeschakeld worden naar de circuit-switched 2G of 3G technologie. Dit werd CSFB (circuit-switched fallback) genoemd, en daarom zag je dat je gsm in de beginjaren van 4G zijn dataverbinding verbrak en naar 2G of 3G overschakelde wanneer een gesprek binnenkwam, of je er een wou voeren.

Tegenwoordig kunnen de meeste gsm-toestellen of smartphones ook bellen via de packet-switched technologie. Dit wordt VoLTE (volté uitgesproken) genoemd, dit staat voor 'Voice over LTE', en wordt op je gsm of smartphone aangeduid met een bijkomend symbool. De gsm of smartphone toont op zijn scherm ook via welke technologie hij verbonden is met het netwerk en of hij VoLTE gebruikt (zie figuur hierna). Hierdoor kan je dataverbinding behouden worden, ook als je aan het bellen bent.



Figuur: je ziet hier dat het toestel via 4G met het netwerk is verbonden en dat het kan bellen via VoLTE

Voor 4G werden bijkomende frequenties beschikbaar gesteld: in het begin waren dat de 800 MHz- en 2600 MHz-banden, maar tegenwoordig zijn ook de 700 MHz- en 1400 MHz-banden toegevoegd. Sinds een aantal jaren zijn alle toegekende banden bovendien technologie-onafhankelijk gemaakt, wat betekent dat er 4G mag gebruikt worden in de 700, 800, 900, 1400, 1800, 2100 en 2600 MHz-banden.

Ook LTE kende zijn evoluties en die noemen LTE-Advanced en LTE Advanced Pro. Deze laten LTE onder andere toe om verschillende banden te gaan combineren om zo een groter debiet toe te laten, dit noemt men CA of Carrier-aggregation (samenvoegen van draaggolven of banden). Heel kort vermelden we dat de 1400 MHz-band geen 'volwaardige' band is, maar enkel ondersteuning biedt in de downlink richting voor het ontvangen van extra leescapaciteit. Ze wordt dus enkel als onderdeel van een CA-verbinding gebruikt.

Misschien heb je ook al gehoord van MIMO. Dit is ook ingevoerd met 4G en het laat toe om met verschillende antennes op dezelfde golflengte tegelijk verschillende communicatiekanalen aan te bieden aan eenzelfde gebruiker of meerdere gebruikers. Hierdoor kan de netwerkkcel en de frequentieband nog efficiënter gebruikt worden.

4G heeft ook speciale communicatiemogelijkheden voor machine-to-machine ingevoerd. Deze worden LTE Cat-M (Categorie Machine-to-Machine) en NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) genoemd. Beiden laten toe om bv. sensoren met de mobiele netwerken te verbinden, denk bv. aan slimme meters (smart meters). De datadebieten zijn klein tot zeer klein (bv. eenmaal per dag een meterstand doorgeven). Cat-M biedt wat meer capaciteit qua debiet, en NB-IoT is vooral toegespitst op zeer lage debieten maar een lange levensduur van de batterijen van de sensor (bv. tien tot twintig jaar zonder de batterij te vervangen).

Voor 4G is momenteel geen uitfaseringsdatum voorzien.

2.5. 5G

De meest recente generatie die wordt aangeboden is 5G, deze maakt gebruik van de NR (New Radio) technologie.

4G bracht vooral een opwaardering van het aangeboden datadebiet. 5G gaat hierop verder met nog grotere debieten (eMBB – enhanced Mobile Broadband genaamd), maar biedt ook bijkomende nieuwe mogelijkheden. Deze zijn zeer korte reactietijden en uiterst betrouwbare communicatie (URLLC – Ultra Reliable Low Latency Communications) en een zeer groot aantal apparaten per oppervlakte (mMTC – massive Machine Type Communication).

De korte reactietijden en uiterst betrouwbare verbindingen zijn bv. nodig om toepassingen zoals zelfrijdende wagens of verkeersassistentie toe te laten. Wagens zullen in de toekomst met mekaar en met de omgeving kunnen communiceren (V2X – Vehicle to everything). Denk bv. aan de grote verkeerscatastrofe door de kettingbotsing in de mist op de E17 in februari 1996. Door de nieuwe netwerken toe te laten om de communicatietijd tussen verschillende toestellen zeer kort te maken, zullen wagens in staat zijn noodremmanoeuvres (of erger, aanrijding) aan mekaar te melden zodat de volgende wagens automatisch gaan remmen nog voor de bestuurder zelf kan reageren, in de hoop zo mensenlevens te kunnen redden. Maar wagens zullen ook kunnen communiceren met de omgeving, verkeerslichten, andere weggebruikers zoals fietsen om bv. dodehoekongevallen te vermijden of treinen en trams.

Een andere pijler is het aanbieden van mMTC. 4G voerde Cat-M en NB-IoT in als bijkomende mogelijkheden, maar 5G is echt vanaf de grond ontworpen met dit in gedachten. Men verwacht dat in

de toekomst veel meer toestellen uitgerust zullen worden met communicatiemogelijkheden (denk bv. aan de hierboven vermelde V2X). 5G voorziet in het verbinden van duizenden toestellen op plaatsen waar er nu bv. slechts tientallen zijn.

Om 5G NR toe te laten is de frequentieband 3,6 GHz toegekend. In de toekomst wordt wereldwijd ook een band in de 26 GHz regio (afhankelijk van waar ter wereld) voorzien, maar momenteel is deze in België nog niet toegekend (deze frequentiezone wordt FR2 – Frequency Range 2 genoemd, in tegenstelling tot de banden lager dan 6 GHz die FR1 genoemd worden).

Om de 5G ten volle te benutten dienen er aanpassingen aan het achterliggende (bekabelde) netwerk te gebeuren. Bij de overgang van 2G (GERAN - GSM EDGE Radio Acces Network - kern of core netwerk) naar 3G (UTRAN - UMTS Terrestrial Radio Access Network) en van 3G naar 4G (EPC – Enhanced Packet Core) is dat al gebeurd. De antennes voor het 5G netwerk en de nieuwe frequentiebanden zijn reeds in gebruik. Maar de overgang van EPC naar het 5GC (5G Core) is echter nog niet uitgevoerd. De antennes en de radiosignalen zijn al beschikbaar maar het achterliggende netwerk is nog niet operationeel. Dit heeft als gevolg dat de hoger datadebiten wel al beschikbaar worden, maar dat de twee andere pijlers – URLLC en mMTC – nog niet aangeboden worden. Dit wordt de komende jaren verwacht.

3. Uitrol van 5G en menselijke blootstelling versus regelgeving

3.1. Inleiding

De nieuwe generatie mobiele netwerken, bekend als 5G, is al geïntroduceerd door de sector van draadloze telecommunicatie en de normalisatieorganismen. De uitrol van 5G is beschreven in de eisen van de Internationale Telecommunicatie Unie (ITU) of International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020), die de belangrijkste prestatiecategorieën definiëren voor deze nieuwe technologieën. Deze nieuwe technologie moet diensten van hoge kwaliteit bieden, zoals hoge snelheid, lage latentie, efficiëntie en betrouwbaarheid voor mobiele netwerken. Volgens recente schattingen gaan er tegen 2026 in totaal 3,5 miljard 5G-abonnementen zijn [Möller, 2020].

In 2016 heeft de Europese commissie een actieplan gelanceerd om een gemeenschappelijke kalender vast te stellen voor de lancering van de eerste 5G-netwerken in Europa. Het was de bedoeling om 5G-pioniersfrequenties (700 MHz, 3,5 GHz en 26 GHz) toe te wijzen, om voor eind 2020 in elk land van de Europese Unie commerciële 5G-diensten te kunnen lanceren.

3.2. Regelgeving

De komst van 5G heeft geleid tot zorgen en vragen over de veiligheid ervan, gezien de hogere frequenties dan eerdere generaties mobiele telefonie. Hoe hoger de frequenties, hoe groter de getransporteerde energie namelijk is. De richtlijnen van de International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) werden geïntroduceerd om de blootstelling aan elektromagnetische velden te beperken, met als doel mensen te beschermen die worden blootgesteld aan radiofrequente (RF) elektromagnetische velden (EMV) in het bereik van 100 kHz tot 300 GHz. De richtlijnen hebben betrekking op een breed scala aan toepassingen, zoals wifi, Bluetooth, mobiele telefoons, basisstations en natuurlijk 5G-technologieën.

De nieuwste publicatie (ICNIRP 2020) vervangt en annuleert de richtlijnen van 1998 (ICNIRP 1998) over RF (van 100 kHz tot 300 GHz), evenals het gedeelte van 100 kHz tot 10 MHz van de ICNIRP-richtlijnen over lage frequenties (ICNIRP 2010).

ICNIRP stelt dat er geen bewijs is dat aanvullende preventieve maatregelen enig voordeel opleveren voor de volksgezondheid. ICNIRP beveelt landen ten eerste aan om hun nationale regelgeving aan te passen aan de meest recente ICNIRP-richtlijnen (2020). Verschillende landen hebben de bijgewerkte ICNIRP-richtlijnen geïmplementeerd in hun nationale regelgeving.

ICNIRP kwam tot het besluit dat de richtlijnen uit 1998, die in veel landen de basis vormen voor het beleid, in de meeste gevallen conservatief zijn en de huidige technologie afdoende beschermen. Bijgevolg zijn de belangrijkste beperkingen van ICNIRP (1998) behouden in de bijgewerkte ICNIRP-richtlijnen (2020). ICNIRP heeft meer gedetailleerde blootstellingsrichtlijnen opgesteld voor specifieke gevallen, met name voor frequentiebereiken boven 6 GHz.

De ICNIRP-richtlijnen (2020) verbeteren op verschillende punten de bescherming van de gezondheid en bieden meer gedetailleerde richtlijnen voor de toepassing van het gezondheidsbeschermingssysteem. Zo werden er basisbeperkingen toegevoegd voor het gemiddelde lichaams-SAR voor EMV-frequenties boven 6 GHz, voor korte blootstellingen (< 6 minuten) in het EMV-

frequentiebereik boven 400 MHz en werd de berekeningszone van het gemiddelde voor EMV-frequenties boven 6 GHz verkleind.

Er is geen bewijs voor schadelijke gezondheidseffecten bij blootstellingsniveaus onder de basisbeperkingsniveaus van de ICNIRP-richtlijnen (1998) en er is geen bewijs voor een interactiemechanisme dat schadelijke gezondheidseffecten voorspelt als gevolg van blootstelling aan RF EMV onder deze basisbeperkingsniveaus. ICNIRP voegt hieraan toe dat er geen bewijs is dat aanvullende voorzorgsmaatregelen de volksgezondheid beter zouden beschermen.

3.3. Experimentele meting van de EMV van 5G: hoe zit het met milieuwaarden?

De uitrol van het 5G-netwerk staat nu voor de deur. Sommige landen staan al verder, met een vrijwel volledige netwerkdekking, zoals China, Zuid-Korea, Australië, de Verenigde Staten en de Verenigde Arabische Emiraten. Het grote publiek maakt zich met de komst van 5G vooral zorgen over de toename van de totale blootstelling aan RF EMV of de toename van de veldsterkte. In deze context zijn experimentele studies uitgevoerd waarbij de elektromagnetische velden van alle mobiele telefonienetwerken (2G, 3G, 4G en 5G) zijn gemeten om de bijdrage van 5G aan deze netwerken te bepalen. In dit verslag vatten we een van die studies samen, die is gepubliceerd in het tijdschrift Bioelectromagnetics (Selmaoui et al., 2021).

Volgens die studie (Selmaoui et al., 2021) werden de metingen eind november 2019 uitgevoerd, zes maanden na de lancering van het netwerk, in samenwerking met het Koreaanse regelgevende instituut voor telecommunicatie, het National Radio Research Agency (NRRA). De metingen werden uitgevoerd in twee Koreaanse steden met verschillende activiteitensectoren en verschillende soorten stedelijke omgeving: Seoul, de grootste stad van Zuid-Korea, en Naju, een kleinere stad. Daarnaast werden er metingen uitgevoerd op treinlijnen en tijdens auto- en busritten. Er zijn ook metingen met vaste meetpunten over 12 of 24 uur gedaan om variaties in het verkeer op verschillende tijdstippen van de dag te kwantificeren.

In dit werk werd een meetcampagne in het zuiden van Zuid-Korea uitgevoerd om te bepalen in welke mate de onlangs geïntroduceerde 5G-NR-infrastructuur bijdraagt aan de blootstelling van mensen aan elektromagnetische velden. Die metingen werden uitgevoerd met een veldmeter en blootstellingsmeters om de totale blootstelling aan elektromagnetische veldspectra te bepalen in verschillende activiteitsgebieden in de Zuid-Koreaanse steden Seoul en Naju.

De bijdrage van 5G-NR aan de totale blootstelling aan elektromagnetische velden lijkt laag te zijn in vergelijking met de andere frequenties. De metingen in Seoul en in verschillende delen van Naju toonden aan dat deze bijdrage minder dan 15% van de totale blootstelling bedroeg, zowel in landelijke als in stedelijke gebieden. De resultaten buiten de stad waren vergelijkbaar. De blootstelling aan 5G tijdens de rit binnen de stad droeg ongeveer 15% bij aan de totale blootstelling. Onze resultaten tonen dus aan dat de blootstelling aan 5G onder de drempelwaarde voor blootstelling bleef die is vastgesteld door ICNIRP [ICNIRP, 1998, 2020]. Voor 5G is de drempel namelijk 39 V/m bij 700 MHz en 61 V/m bij 3,5 en 26 GHz. Uit de gegevens blijkt dat de maximale blootstelling gemeten op een dak in de buurt van een basisstation altijd onder de drempelwaarde voor blootstelling bleef zoals vastgesteld door ICNIRP. Op mobiele posities op straat lag het blootstellingsniveau als gevolg van 5G ver onder dit niveau (minder dan **0,08 V/m**).

Deze studie strookt met het verslag van het Agence National des Fréquences [ANFR, 2020], dat zijn gegevens online heeft gepubliceerd. In de verschillende gebieden waar metingen zijn uitgevoerd, blijkt dat de grootste bijdrage aan de gemeten blootstellingsniveaus afkomstig is van de frequenties van eerdere generaties mobiele technologieën (2G, 3G en 4G). Het hoogste niveau dat we hebben waargenomen in de frequentieband die wordt gebruikt voor 5G was 25% van het totale blootstellingsniveau. Metingen gedurende 24 uur op een vast punt hebben aangetoond dat de emissie van elektromagnetische velden van een basisstation gewoonlijk stabiel is in de tijd, rond **5 mV/m**, behalve tijdens piekuren, vooral 's ochtends (rond 8-9 uur, met blootstellingsniveaus tot **130 mV/m**) en 's avonds (rond 18-20 uur). Er treedt slechts een verdubbeling op in vergelijking met de mediane niveaus overdag en 's nachts. De variabiliteit is deels te wijten aan het aanpassingsvermogen van het antennevermogen als reactie op het verkeer tijdens de 24-uurs metingen. De metingen met een veldmeter in de buurt van het 5G-NR-basisstation hadden als resultaat **12 V/m** (op 15 m van de antenne) met het basisvermogen. Deze waarde steeg tot **21 V/m** wanneer de antenne op maximaal vermogen stond op dezelfde afstand. Het blootstellingsniveau bleef onder de limiet die wordt aanbevolen door ICNIRP. Deze gegevens komen overeen met andere experimentele studies op basis van geregistreerde metingen voor operationele mobiele netwerken, die hebben aangetoond dat voor 2G, 3G en 4G het uitgangsvermogen van een basisstation zelden het theoretische maximum benadert [Colombia et al., 2013; Joshi et al., 2015].

Kortom, 5G lijkt de blootstelling van mensen aan deze frequentie niet significant te verhogen. Mensen worden blootgesteld aan zeer lage niveaus, ver onder de reglementaire waarden. Deze studie strookt met andere verslagen [ANFR, 2020; verslag Ofcom, 2021; verslag Telstra, 2021]. Dit werk maakt deel uit van een meetcampagne in Zuid-Korea, waarvan het eindrapport in 2019 is gepubliceerd [Expertiseverslag, 2019].

3.4. Experimenteel onderzoek met mensen naar de effecten van blootstelling aan het elektromagnetische veld van 5G

Onlangs heeft Europa verschillende Europese projecten gefinancierd om de effecten van de *elektromagnetische velden* van 5G op de gezondheid te bestuderen. Een van deze projecten is GOLIAT, dat verschillende studies omvat, variërend van epidemiologie tot experimentele laboratoriumstudies. De experimentele studies maken gebruik van *in vitro* en *in vivo* dierlijke modellen en *in vivo* menselijke modellen. Een studie uit dit project over de effecten van blootstelling aan 5G-EMV op de elektrische hersenactiviteit bij mensen werd eind 2023 gepubliceerd (Jamal et al. 2023 IJMS). De studie onderzoekt de elektrische hersenactiviteit van gezonde deelnemers wanneer ze worden blootgesteld aan een gegenereerde frequentie van 3,5 GHz, met het blootstellingsniveau dat momenteel in de omgeving wordt aangetroffen (2 V/m). Hiervoor werden 34 jongvolwassenen geworven volgens strikte criteria. Ze namen deel aan twee gerandomiseerde blinde sessies, met een periode voor en na de blootstelling zonder RF. Beide periodes werden gescheiden door een 'echte' of 'fictieve' blootstellingsfase. De frequenties werden gemoduleerd en uitgezonden door een antenne in een schemerige, elektrisch afgeschermd ruimte. Er werden continu elektro-encefalogrammen (EEG) opgenomen in wakkere toestand in rust. Uit de analyse van de gegevens bleken geen significante verschillen in de onderzochte parameters. De auteurs besluiten dat onder de omstandigheden van de studie deze frequentieband met de uitgezonden veldsterkte geen invloed lijkt te hebben op de bestudeerde parameters bij gezonde proefpersonen.

Bibliografie:

Möller R. 2020. Mobile subscriptions outlook. In: Cerwall P, editor. Ericsson Mobility Report. Ericsson. p 4. Available at: <https://www.ericsson.com/4adc87/assets/local/mobilityreport/documents/2020/november-2020-ericsson-mobilityreport.pdf>

Selmaoui B, Mazet P, Petit PB, Kim K, Choi D, de Seze R. **2021**. Exposure of the South Korean population to the 5th generation (5G) of mobile phone networks (3.4 to 3.8 GHz). *Bioelectromagnetics*. 42(5):407-414. doi: 10.1002/bem.22345

Colombi D, Thors B, Persson T, Wirén N, Larsson LE, Jonsson M, Törnevik C. **2013**. Downlink power distributions for 2G and 3G mobile communication networks. *Radiat Prot Dosim* 157(4):477–487.

Joshi P, Agrawal M, Thors B, Colombi D, Kumar A, Törnevik C. **2015**. Power level distributions of radio base station equipment and user devices in a 3G mobile communication network in India and the impact on assessments of realistic RF EMF exposure. *IEEE Access* 3:1051–1059. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7151792>

Agence National des Fréquences (ANFR). **2020**. Assessment of the exposure of the general public to 5G electromagnetic waves. Part 2: First measurement results on 5G pilots in the 3,400-3,800 MHz band. Available at: <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/5G/20200410-ANFR-rapportmesures-pilotes-5G-EN.pdf>.

Ofcom report. Electromagnetic Field (EMF) Measurements near 5G Mobile Phone Base Stations. Available at: https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0034/199717/statement-sut-modelling-700mhz-3.6-3.8ghz-spectrum.pdf

Telstra report. 5 Surveys of 5G. In BioEM Conference, Montpellier, 24–28 June 2019. Available at: <http://1u0b5867gsn1ez16a1p2vcj1-wpengine.netdna-ssl.com/wpcontent/uploads/2019/07/5-Surveys-of-5G-flyer-A4.pdf>

Jamal, L.; Yahia-Cherif, L.; Hugueville, L.; Mazet, P.; Lévêque, P.; Selmaoui, B. **2023**. Assessment of Electrical Brain Activity of Healthy Volunteers Exposed to 3.5 GHz of 5G Signals within Environmental Levels: A Controlled–Randomised Study. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, *20*, 6793. <https://doi.org/10.3390/ijerph20186793>

French Expertise Report. **2019**. Mesure de l'exposition au rayonnement radiofréquence de la téléphonie 5G-NR en Corée du sud. Ineris. Available at: <https://www.ineris.fr/fr/mesure-expositionrayonnement-radiofrequence-telephonie-5g-nr-coree-sud> [Last accessed 08 January 2021] (in French).

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). **1998**. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys* 74(4):494–522. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPrfgdl2020.pdf>

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). **2020**. Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz). *Health Phys* 118(5):483–524. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPemfgdl.pdf>

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP). **2010**. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 H Z – 100 kHz). *Health Phys* 99(6):818-836; 2010. <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPLFgdl.pdf>

4. Macro-economic Developments in European 5G Technology (2023)

4.1. Introduction

This short report provides an overview of recent macro-level developments in 5G technology across Europe, emphasizing key trends, investment initiatives, and international collaborations. The information is sourced from various documents and online research and offers an update to the 2022 report.

4.2. Expansion of 5G Mobile Subscriptions

A significant increase in 5G mobile subscriptions has been observed across Europe. The forecasted numbers show a steady rise, indicating a growing adoption and acceptance of 5G technology among European consumers and businesses.

The total global 5G subscriptions reached 1.1 billion by Q1 2023, with Western Europe projecting 88% 5G subscription penetration by 2028. This rapid growth highlights the increasing adoption of 5G technology (Ericsson, 2023).

4.3. Increased Investment in 5G Infrastructure

European countries have intensified their investment in 5G infrastructure, focusing on expanding coverage and enhancing the quality of service. This investment is evident in the deployment of new 5G networks and the upgrade of existing networks to support 5G capabilities (5G Observatory, 2023).

Recent major spectrum auctions in Estonia, Romania, Ireland, Croatia, and Spain have increased the total percentage of assigned pioneer bands across EU Member States to 68%. Additionally, 81% of the EU's population is now covered by at least one operator offering 5G services (5G Observatory, 2023).

The European Investment Bank (EIB) signed a €315 million finance contract with Cellnex to support 5G rollouts in multiple European countries, facilitating digital transition in urban and rural areas (European Investment Bank (EIB), 2023).

In Latvia, Tele2 reported a 13-fold increase in mobile data consumption in its 5G network, highlighting the rising demand for high-speed data services (5G Observatory, 2023).

Vodafone Germany has accelerated 5G deployment near railways, building over 225 new mobile masts to enhance connectivity and service quality (5G Observatory, 2023).

4.4. International Collaborations and Comparisons

The European 5G Conference held in Brussels in March 2023 exemplifies international collaborations and efforts to align European 5G strategies with global trends and best practices (Forum Europe, 2023).

4.5. Conclusion

These macro-level developments underscore the dynamic evolution of 5G technology in Europe, characterized by rapid subscription growth, substantial infrastructure investments, adoption of SA architecture, and active participation in international collaborations

5. Micro-economic Developments in 5G Technology in Brussels, Belgium (2023)

5.1. Introduction

This chapter focuses on micro-level developments in 5G technology in Brussels, Belgium, providing insights into local initiatives, regulatory changes, and operator activities. The information is drawn from various sources, including documents and online research.

The deployment of 5G technology in Brussels is poised to act as a catalyst for economic growth and digital transformation. According to a study by the European Investment Bank, investments in 5G infrastructure are crucial for the digitalization of European economies and can significantly contribute to economic growth (European Investment Bank, 2020). In Brussels, this transformation will be particularly impactful in sectors such as finance, healthcare, and logistics, which are integral to the city's economy.

5.2. Launch of 5G Services in Brussels

Brussels' status as the de facto capital of the European Union makes it a hub for international businesses and institutions. The enhanced connectivity offered by 5G is expected to improve the operational efficiency of these organizations. A study by Qualcomm highlights the role of 5G in enabling new services and applications that can transform industries and significantly enhance productivity (Qualcomm, 2019).

The supportive policy environment in Belgium, demonstrated by the relaxation of radio frequency emission regulations and the government's backing of 5G pilot projects, is crucial for the successful deployment of 5G technology. The Belgian Institute for Postal Services and Telecommunications (BIPT) plays a key role in this process by managing spectrum auctions and frequency assignments, ensuring that the necessary regulatory framework is in place (BIPT, 2023).

In September 2023, Brussels is set to launch 5G services following the relaxation of strict regulations on radio frequency emissions. This marks a significant shift from previous policies that had halted 5G deployment in the city, enabling the rollout of high-speed connectivity (5G Observatory, 2023). The infrastructure investment required for 5G deployment, including the upgrade of existing 4G antennas and the installation of new 5G equipment, is expected to generate substantial employment opportunities. A report by the GSMA predicts that the 5G value chain could support up to 22.8 million jobs globally by 2035 (GSMA, 2020). In Brussels, this investment will not only benefit the telecommunications sector but also related industries such as construction, engineering, and IT services, contributing to job creation and economic diversification.

5.3. Operator Activities and Network Upgrades

Major Belgian mobile network operators, including Proximus, Telenet, and Orange, are actively preparing for 5G deployment in Brussels. Existing 4G antennas are expected to be upgraded to 5G, with full citywide coverage anticipated within a year.

Orange Belgium was selected by the Belgian government to carry out 11 5G pilot projects using standalone architectures from 2023 to 2024. This initiative was further supported by a five-year agreement to supply mobile connectivity and standalone IoT services to the Flemish government.

Other noteworthy announcements included Proximus and the Port of Antwerp announcing a six-month trial of a private 5G network and The Port of Zeebrugge and Citymesh who launched a private 5G network for connectivity of tugboats, air pollution detectors, cameras, and quay sensors

5.3.1. 5G Spectrum Auction and Frequency Assignments

The Belgian Institute for Postal Services and Telecommunications (BIPT) conducted a spectrum auction, allowing local operators to secure 5G frequencies in the 700 MHz and 3.6 GHz bands. This allocation enables the expansion of 5G services in Brussels (5G Observatory, 2023).

5.4. Impact of 5G on SMEs, Sustainability and Smart City Initiatives

5.4.1. Impact on Small and Medium Enterprises (SMEs)

The rollout of 5G services in Brussels presents a significant opportunity for SMEs to access advanced digital tools and technologies. The European Commission has emphasized the importance of digital technologies, including 5G, in supporting the innovation and competitiveness of SMEs (European Commission, 2020). By leveraging 5G, SMEs in Brussels can improve their operational efficiency, innovate in product and service offerings, and expand their market reach.

5.4.2. Sustainability and Smart City Initiatives

5G technology can play a pivotal role in supporting Brussels' sustainability and smart city initiatives. The European Parliament has recognized the potential of 5G to contribute to the European Green Deal by enabling energy-efficient technologies and supporting the transition to a digital and green economy (European Parliament, 2020). In Brussels, 5G can facilitate smart energy management, intelligent transportation systems, and enhanced public safety measures.

5.5. Challenges and Considerations

Despite the numerous opportunities presented by 5G, there are also challenges to consider, including cybersecurity concerns, the digital divide, and the need for significant capital investment. Addressing these challenges effectively is essential for maximizing the benefits of 5G technology. The European Union Agency for Cybersecurity (ENISA) has published guidelines on securing 5G networks, highlighting the importance of a robust cybersecurity framework (ENISA, 2019).

5.6. Conclusion

In conclusion, the micro-economic developments in 5G technology in Brussels in 2023 have far-reaching implications for the economy of Brussels. The micro-level developments in Brussels signify a pivotal shift from regulatory hurdles to enabling 5G technology. The launch of 5G services, active operator involvement, spectrum allocation, and ongoing network deployments collectively demonstrate Brussels' journey toward comprehensive 5G coverage.

The successful deployment of 5G technology can drive economic growth, create employment opportunities, enhance business connectivity, support SMEs, advance smart city initiatives, and contribute to sustainability goals. However, realizing these benefits requires a supportive policy environment and effective management of potential challenges.

References

- European Investment Bank. (2020). The importance of digital infrastructure in Europe.
- GSMA. (2020). The Mobile Economy 2020.
- Qualcomm. (2019). The 5G Economy: How 5G will contribute to the global economy.
- European Commission. (2020). Digital Economy and Society Index (DESI) 2020.
- European Parliament. (2020). The European Green Deal.
- Belgian Institute for Postal Services and Telecommunications (BIPT). (2023). Annual Report 2023.
- European Union Agency for Cybersecurity (ENISA). (2019). ENISA Threat Landscape for 5G Networks.