

5G – Meting van stralingsintensiteit problematisch

Hugo Schooneveld

Samenvatting

5G zenders zijn anders gebouwd en werken anders dan de klassieke 4G en oudere zendertypen. Ze zijn plat en bevatten een array van 64 of meer compacte deelzenders. Daarmee kan een breed 'zichtveld' worden bestraald, dan wel databundels gevormd die gericht zijn op een of meer specifieke gebruikers. Zulke bundels bewegen snel en bijna ongemerkt tussen de geadresseerde gebruikers. Anders dan voorheen stralen ze alleen bij gebruik. Voor het meten van veldsterkte moet dus een keus gemaakt worden uit: de fasen waarin men meet, de plaats in of buiten de bundel, of de drukte in het algemene digitale dataverkeer ('traffic'). In deze blog geef ik een uitwerking van de problematiek, enkele pogingen die gedaan zijn de veldsterkten te bepalen en problemen die te verwachten zijn wanneer de limieten voor blootstelling door wetgeving beperkt worden. Een aantal belangrijke vragen wacht nog op antwoord.

Vooraf

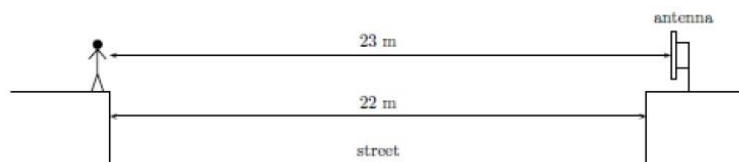
Overheden verklaren ter geruststelling dat 5G eigenlijk niets bijzonders is en gewoon een voortzetting van 4G. Dat is misleidend, want het zendprincipe is heel anders. Goede burgervoorlichting is er niet en ik probeer een beeld te schetsen van wat er volgens mij aan de hand is en wat ons te wachten staat. Opmerkingen en aanvullingen worden door mij zeer gewaardeerd.

Wat is het probleem?

De vraag is hoe de toezichthouder: het Agentschap Telecom het correcte en toegestane gebruik van een zender correct gaat vaststellen. Momenteel is er nog geen internationaal meetprotocol en ook ICNIRP heeft nog niet bepaald op welke manier het correcte uitzendprofiel van een zender moet worden vastgesteld; *'al doende leert men'*, is het devies. In deze blog presenteer ik meetgegevens uit de eerste pogingen om complexe velden te leren meten. Dat blijkt niet eenvoudig als je alle parameters wilt meenemen die voor blootstellingen aan die - en volgende 5G ontwikkelingen - relevant zijn. Wetenschappelijk onderzoek naar 'non-thermische effecten' van deze zendtechnologie is er niet.

Drie meetprocedures worden hier toegelicht: die uit het Belgische, die van ons eigen Agentschap Telecom en het vraagstuk van 'veilige zones' bij plaatselijke verlaging van de blootstellingslimieten, toegelicht door [Ericsson Zweden](#).

Belgische metingen van 5G velden op straat



Figuur 8 - Typisch scenario in een stedelijke omgeving

Figuur 1. Veldmetingen bij een 900 MHz massive MIMO antenne. Op de bebouwing van een straat van 22 m breedte staat rechts een 5G zender en links een ontvanger op afstand van 23 m.

Bron: [B IPT](#)

In een testsituatie als beschreven in figuur 1 wordt een blootstelling berekend van 16,1 V/m, voor elke operator. Voor 3 operators tezamen zou dat zijn 27,9 V/m. Daarbovenop komt nog de stralingsbelasting van eventuele amateurzenders in die omgeving en gebruik van mobiele telefoons. In totaal mogen alle velden samen niet de wettelijk vastgestelde ICNIRP limiet overstijgen. Deze meting lijkt comfortabel onder de ICNIRP limiet te liggen; maar ligt anderzijds hoog boven de door EHS'ers gebruikte [SBM2015](#) limiet van rond 0,02 V/m.

Echter, de gewesten Brussel, Vlaanderen en Wallonië hebben juist die limieten verlaagd, om

tegenoet te komen aan de wensen van de bevolking. Daar gelden nu limieten van 6 of 3 V/m in plaats van 61 V/m. Dat zou betekenen dat de zenders bij vol vermogen en veel grotere ‘no-go’ gebied (zie onder) zouden geven wat plaatsing van zenders in de straat bijna onmogelijk maakt. Het Belgische instituut voor postdiensten en telecommunicatie (BIPT) bepleit daarom toch een verhoging van de norm tot 41,5 V/m. Dat zou het mogelijk maken dichterbij de Europese norm aan te sluiten en toch 5G diensten te kunnen toelaten.

Meting van straling op 3 locaties door Agentschap Telecom

In het rapport ‘[Veldmetingen op 5G-testlocaties](#)’ en het rapport ‘[Veldsterktemetingen aan installaties in de 26 GHz band](#)’ worden de meetgegevens van 4 locaties weergegeven (tabel 1). Alle antennes hadden een matrix van 64 elementen (8 x 8). De veldmeters bevonden zich in een stabiele bundel van de massive MIMO met beamforming antenne. De metingen zijn uitgevoerd aan experimentele 5G opstellingen. Het zendprofiel van de bundels is niet verder gedocumenteerd. Per bundel was er een ontvanger die signalen onderhoudt opdat er überhaupt bundelvorming optreedt; zonder communicatie is er geen bundelvorming. Wel moet rekening gehouden worden met de mogelijke invloed van de RF velden uit de ontvanger; die moet ver van de meetapparatuur gezet worden om de veldmeting door eigen handelen niet te beïnvloeden.

2,6 en 3,5 GHz frequentieband

Opmerkingen van de onderzoekers: ‘Gegeven veldsterkten zijn niet representatief voor de verwachte 5G praktijk wat betreft het zendvermogen en dataverkeer en geven alleen een indicatie van de veldsterkte van een Massive MIMO antenne’.

De metingen zijn in verschillende steden uitgevoerd in de ‘max average’ mode (Tabel 1).

Frequenties bevonden zich in het lagere Gigahertz-gebied, nl. de 2600 en 3500 MHz frequentieband, respectievelijk in de experimentele 27 GHz frequentieband.

Tabel 1. Veldsterkten van massive MIMO antennes in uiteenlopende toepassingen

Bron: Agentschap Telecom [I](#) en [II](#).

Locatie	Antenne type ¹	Frequentie MHz	Afstand MIMO zender m	Modulatie	Veldsterkte V/m
Groningen	statisch	2605	53	4G	3
Maastricht	dynamisch	3465	140	5G	1,1
Rotterdam	dynamisch	3675	170	5G	2,6
Den Haag I	sectorantenne	27,0 GHz	246	5G	0,28
Den Haag II	sectorantenne	27,0 GHz	131	5G	0,10

Conclusie: Geen van de meetwaarden komen ook maar in de buurt van de blootstellingslimieten van het ICNIRP en blijven daar ver onder. Dit is een eerste meting. Niet is nagegaan of er elders in of buiten de bundel plekken waren met hogere meetwaarden.

Frequentieanalyse

In het Rotterdamse Pernisgebied zijn naast veldmetingen ook frequentieanalyses uitgevoerd (figuren 2 en 3). Over een frequentiebreedte van 40 MHz en gedurende 0,1 seconde is de relatieve veldsterkte uitgezet in een 3-D matrix. De kleurschaal geeft aan: hoe geler (hoger) de meting op elk van de vele meetpunten, hoe sterker de relatieve veldsterkte. We zien dat bij deze opname een tamelijk gelijkmatig veld wordt uitgestraald wanneer er in de *traffic mode* wordt uitgezonden: een gesprek met een gestage datastroom, soms kort onderbroken (figuur 2).

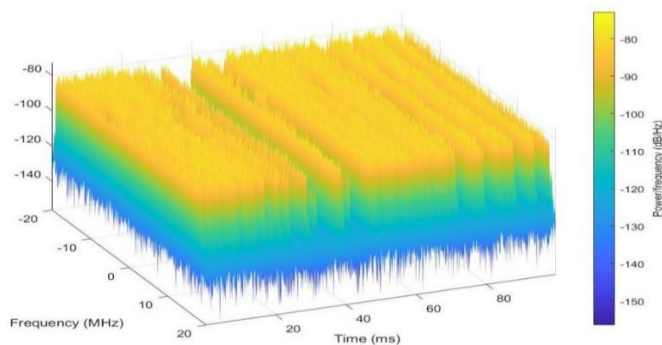
Als er in de *broadcast mode* geen ‘verkeer’ is ziet het spectrum er heel anders uit (figuur 3). Het spectrum is slechts gedeeltelijk gevuld en in de middelste frequentiebanden passeert er vijf keer in het tijdsbestek van 0,1 seconde een kortdurende puls: synchronisatiesignalen. Dus 50 keer per seconde.

De veldsterkte op 135 m van de zender is ongeveer 1 V/m. Dat is dan – na correcties - ongeveer een factor 4 lager dan in de traffic mode, naar het rapport stelt. Hierbij is de hoogste waarde van de 50 Hz burst gemiddeld met de veel lagere waarde in de lange rustpauzes tussen de bursts. Dat komt neer op het ‘wegmiddelen’ van de hoge burstmetingen (niet in de grafiek aangegeven) en kan leiden tot een onderwaardering van een mogelijke biologisch effect van de bursts zelf.

27 GHz zenders metingen (vrije pioniersband)

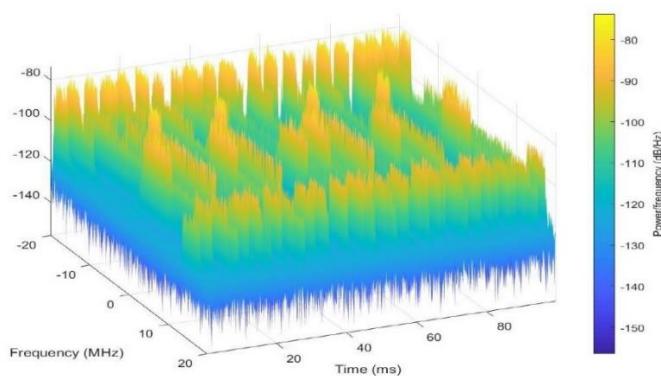
Twee zenders staan op hoge gebouwen en zenden beide een 5G New Radio-TDD (time division duplex) signaal uit. De velden daarvan worden gemeten op straatniveau, wel in ‘zicht’ van de zenders. Zender A1 is een point-to-point richtantenne die een sectorantenne A2 aanstuurt op afstand van 460 m. Op afstand van 246 m afstand van A1 mat men over een bandbreedte van 900 MHz een veldsterkte (gecorrigeerd) van 0,28 V/m (210 $\mu\text{W}/\text{m}^2$). Op afstand van 131 m van zender A2 mat men 0,10 V/m (26 $\mu\text{W}/\text{m}^2$).

Conclusie van de onderzoekers is dat deze meetwaarden ook hier ruim vallen binnen de huidige blootstellingslimieten van de ICNIRP.



Figuur2. Frequentieanalyse in de ‘traffic mode’ gedurende 100 msec (horizontale as) en over 40 MHz spectrum (linker Y-as). Vermogen uitgezet op de Z-as: tot 90 $\mu\text{V}/\text{m}$. Merk op dat er maar enkele keren een ‘rust in het verkeer’ voorkomt.

Bron: [Agentschap Telecom 2019](#)



Figuur3. Frequentieanalyse tijdens de ‘broadcast mode’: De beam tast de omgeving voor zich af naar verbinding zoekende gebruikers. Elke keer als de beam het meetpunt aanstraalt is er even een opleving over een frequentiebreedte van 20 MHz.

Bron: [Agentschap Telecom 2019](#)

Hoe zien de velden van 5G zenders er precies uit? Berekeningen van Ericsson

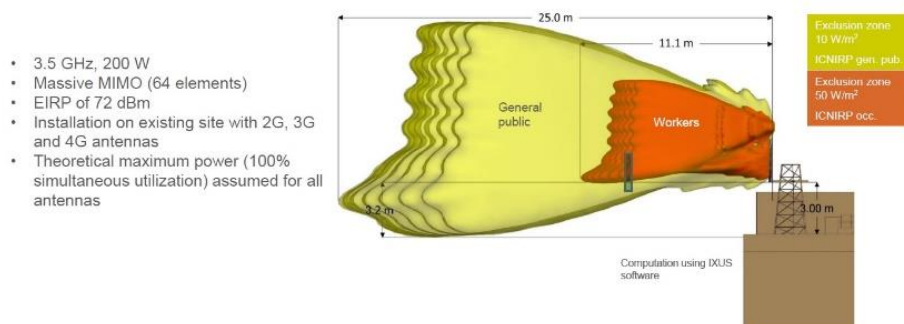
Een PowerPoint-presentatie vanuit [Ericsson](#) Zweden schetst de stralingsbundel van een 200 Watt massive MIMO antenne met 64 elementen die alle met theoretisch maximaal vermogen uitzenden. Uitgaande van de ICNIRP limiet van 61 V/m (10W/m²) voor de frequentie van 3,5 GHz, zou de bundel vanaf de zender tot aan de grenzen van de limiet (de ‘exclusiezone’) een horizontale lengte hebben

van 25 m hebben, bij een verticale hoogte van ca. 10 m. In de praktijk echter is de actuele blootstelling ongeveer een factor vier lager, omdat de bundel nooit permanent op de ontvanger is gericht - pakketjes informatie worden gefaseerd verzonden volgens het 'time division duplex' (TDD) protocol en ook worden per tijdseenheid meerdere ontvangers aangesproken. Deze correctiefactor is wiskundig [af te leiden](#). Daarmee wordt de 'exclusiezone' verkort van 25 m naar 8,4 m. Voor professionals is de exclusiezone een stuk korter, omdat die beter met de risico's zouden kunnen omgaan (figuur 4)

Wat als een land of stad eigenmachtig de blootstellingsdrempel verlaagt?

In vele andere landen en steden worden op basis van eigen waarnemingen limieten aangehouden die heel veel lager liggen dan die van ICNIRP. Een uitvoerig overzicht van landen en steden die een eigen strategie volgen is [hier](#) te vinden. Rusland, bijvoorbeeld hanteert een limiet van 0,1 W/m² (= 6V/m). Het gevolg is wel dat de exclusiezones van zenders, waarbinnen burgers niet mogen komen wegens te hoge dosering, dermate groot worden, dat er feitelijk vrijwel geen 5G antennes in urbane gebieden kunnen worden uitgerold. Zenders moeten dan òf veel zwakker worden afgesteld, òf op veel grotere afstand van de mens worden opgesteld, waardoor de bereikbaarheid van mobiele telefoons in de straat terugloopt. Nederland hanteert de [ICNIRP limieten \(61 V/m, of 10 W/m²\)](#). In het [BioInitiative Rapport](#) wordt aanbevolen de mens beter te beschermen door uit te gaan van 0,6 V/m.

3.5 GHz 5G site with massive MIMO



Figuur 4. Voorstelling van de berekende omvang van de stralingsbundel uit een 3,5 GHz zender met 64 elementen in volle werking. Aangegeven is in geel de exclusiezone voor burgers en in rood de kleinere, maar hoger belaste- zone voor professionals. Alles van opzij gezien. Merk op dat de bundels een tamelijk grote verticale openingshoek vertonen en uit vele 'lagen' van velden bestaan. De frontgolf heeft een onregelmatige vorm.

Bron: [Törnevik](#) 2018 (Ericsson Zweden)

Drastische verlaging van een limiet stelt de operators van 5G systemen voor problemen, want de afstand die een burger moet nemen om buiten de gevarenkegel te blijven wordt navenant groter. Ericsson geeft een [voorbeeld](#): als de blootstellingslimiet voor veldsterkte 100-voudig wordt verlaagd zal de exclusiezone rondom de zender ca. 115 m breed en 70 m hoog worden (figuur 4). Voor dergelijke zenders zal vaak geen plaats zijn in een community.

Waarom willen we weten hoe gemeten wordt?

Om het risico in te schatten van je blootstelling in openbare ruimten met veel mensen – dus meerdere 5G zenders – moeten we beseffen hoe gemeten wordt en welke waarde we aan meettabellen moeten toekennen. Dat is nu al een probleem met de huidige ICNIRP richtlijnen, maar het wordt nog veel erger. De huidige richtlijnen zijn gebaseerd op bepaling van de 'thermische' EMV effecten. Dat wil zeggen dat geheel voorbijgegaan wordt aan de 'non-thermische' effecten die ons

juist zo ziek kunnen maken en die sommigen de symptomen van elektrostress (EHS) doen geven. We hebben met 5G namelijk niet te maken met de regelmatig stralende statische antennes die een uniform signaal uitzenden, dag en nacht. We krijgen hier te maken met bijzonderheden van de 5G antennes wegens twee eigenaardigheden: (1) hun uitgezonden vermogen aan te passen aan de vraag naar connectiviteit en (2) de bundelvorming waarmee en waarbinnen een snelle overdracht van data plaatsvindt. De veldsterkte in die bundels is veel groter dan die in de bundelvrije ruimte. Gezien de grote beweeglijkheid van de bundel zal dat een a.h.w. ‘flikkerende’ blootstelling aan sterke velden geven. We verwachten daarvan belangrijke fysiologische verstoringen en meer ziektegevallen. Zeker omdat vaak is [geconstateerd](#) dat gepulste velden biologisch veel harder ‘aankomen’.

Op welke manier dan te meten?

Meettechnisch is het zaak om een biologisch relevante meeteenheid te bedenken, anders dan die is gebaseerd op de mate van opwarming van weefsel. De huidige praktijk is dat men op een bepaalde plek een meettoestel neerzet en na enige tijd de gemiddelde gemeten RMS waarde afleest. In 5G willen we aparte vermelding hebben van veldsterkten in drie activiteitsfasen: in ‘rust, wanneer er geen verkeer is, gemeten tussen de bursts; (2) tijdens de bursts; (3) in een bundel in verschillende deviatiehoeken binnen het gezichtsveld. Alleen dan kunnen we zo nodig een relatie leggen tussen de rol van bundelvorming met betrekking tot eventuele gezondheidsproblemen van mensen die daarmee in aanraking komen. Veldmiddeling door alleen gemiddelde veldsterkten te meten komt neer op informatieverlies. We hopen in overleg met het Agentschap Telecom of het Antennebureau tot een bruikbare *modus operandi* te kunnen komen.

Resterende vraagstukken

We mogen hopen dat de dienstdoende meetinspecteurs voor de burger gegevens verzamelen die relevant zijn voor de blootstelling van de mens, zoals: Hoe breed zijn de bundels eigenlijk: als iemand op 2, 5 of 20 m afstand van me staat te bellen, sta ik dan tevens heel – half – of niet in ‘zijn’ bundel? Wat als ik in een bellende menigte sta, hoeveel bundels weet ik dan op me gericht? Als ik een 5g-smartphone ga gebruiken, hoeveel straling krijg ik dan aan mijn oren of op mijn handen? Houden de komende blootstellingslimieten ook rekening met dergelijke cumulerende effecten? Hoe verloopt de blootstelling in ruimten met vele kleine zendertjes, vergeleken met die bij grote rondom stralende zenders in zendmasten? Verloopt iedere vorm van communicatie eigenlijk via bundelvorming? Kan de burger onder alle omstandigheden zijn oude 3G en 4G systemen blijven gebruiken?

Dr. Hugo Schooneveld

EHSblog nr. 53 – 15 december 2019. U kunt deze blog ook digitaal lezen op mijn website www.hugoschooneveld.nl. Wie automatisch op de hoogte gehouden wil worden van nieuw verschenen EHS blogs kan dat even aangeven op de [Contactpagina](#).