

FACULTEIT INGENIEURSWETENSCHAPPEN
DEPARTEMENT ELEKTROTECHNIEK
ESAT - TELEMIC
KASTEELPARK ARENBERG 10
B-3001 LEUVEN BELGIUM



KATHOLIEKE
UNIVERSITEIT
LEUVEN

De bijdrage van “Slimme Watermeters” tot het algehele elektromagnetische stralingsniveau binnen de maatschappij

RAPPORT

Rapport door:
Prof. dr. ir. Guy A. E. Vandenbosch
Dr. Vladimir Volski
KU Leuven

1) Doel

Het primaire doel van dit rapport is om op een wetenschappelijk-technisch verantwoorde manier de bijdrage van zogenaamde "Slimme Watermeters" tot het algehele elektromagnetische stralingsniveau binnen de (Vlaamse) maatschappij af te schatten. Concreet zal dit gebeuren zowel op basis van eenvoudige berekeningen als op basis van nauwkeurige metingen. Het rapport geeft op een overzichtelijke manier de belangrijkste zaken aan die bij een dergelijke studie in het oog moeten gehouden worden.

2) Algemene achtergrond

Slimme watermeters kunnen gekaderd worden binnen het zogenaamde Internet of Things (IoT), waarbinnen toestellen, voertuigen, gebouwen, etc. voorzien worden van allerlei sensoren die data registreren en draadloos met elkaar kunnen uitwisselen, dit om de mensheid ten dienste te zijn in een quasi oneindig aantal specifieke toepassingen.

De concrete toepassing die voorligt is het uitwisselen van allerlei gegevens aangaande het waterverbruik tussen de watermeters die in Vlaanderen in zo goed als elk huis opgesteld staan, en de watermaatschappij Water-link.

3) Werkwijze

De gevolgde werkwijze is de volgende.

- 1) Eerst werden bij de watermaatschappij Water-link alle nodige gegevens opgevraagd, zoals daar zijn:
 - het gebruikte telecomnetwerk,
 - de technische gegevens van zenders, antennes, etc.,
 - de procedure die gevolgd wordt bij het draadloos doorzenden van gegevens: tijdstippen waarop, de frequentie waarmee, de lengte in de tijd van de berichten, etc..
 - de typische situatie waarin een dergelijke watermeter zich bevindt,
 - ...
- 2) Op basis van deze gegevens werden een reeks berekeningen gemaakt die de typische stralingsbelasting ten gevolgen van slimme watermeters in kaart brengen, en vergelijken met andere bronnen van straling in onze maatschappij.
- 3) Het stralingsniveau gegenereerd door de slimme watermeters werd ook experimenteel opgemeten voor 1 meter in 1 huis, op een typische "worst case" afstand waarop een huisbewoner zich kan bevinden.

4) Technische gegevens

4.1. Telecomnetwerk algemeen

Het gebruikte netwerk is het zogenaamde SIGFOX netwerk. SIGFOX is een cellulair type netwerk dat ontworpen is voor het uitwisselen van een zeer beperkte hoeveelheid data (het zogenaamde "low-throughput" geval). Het is ideaal voor allerlei toepassingen waarbinnen (slimme) meters zeer beperkt moeten communiceren met basisstations die op een redelijk grote afstand staan.

Algemeen heeft het SIGFOX netwerk de volgende eigenschappen:

- van de sensor of het apparaat naar het basisstation (uplink)
 - de frequentie is 868 MHz,
 - maximaal uitgezonden vermogen is 25 mW,
 - tot 140 boodschappen per object per dag,
 - de grootte van elke boodschap is maximaal 12 bytes,
 - de snelheid van doorsturen gaat tot 100 bits per seconde.
- van het basisstation naar de sensor of het apparaat (downlink)
 - de frequentie is 869 MHz,
 - maximaal uitgezonden vermogen is 500 mW.

4.2. Technische gegevens bezorgd door Water-link

De cellen van het netwerk in de stad zijn gemiddeld 3 km groot, op het platteland gemiddeld 15 km. De gegevens voor de zenders zijn de volgende:

van de watermeter naar het basisstation (uplink)

- de frequentie is 868.130 MHz en de totale bandbreedte is 200 kHz,
- de maximale EIRP is 25 mW,
- normaal gezien 1 boodschap per meter per dag, tenzij er uurwaarden uitgelezen worden, dan zijn het 4 boodschappen per dag,
- de duur van een boodschap is 6 seconden,
- modulatie BPSK, 100 Hz bandbreedte (Ultra Narrow Band).

van het basisstation naar de sensor of het apparaat (downlink)

- de frequentie is 869.525 MHz en de totale bandbreedte is 200 kHz,
- de maximale EIRP is 500 mW,
- 1 boodschap per meter per dag, ook als er uurwaarden uitgelezen worden,
- de duur van een boodschap is 0.5 seconden,
- modulatie is 600 Hz brede GFSK.

Enkele typische situaties voor de watermeter worden getoond in Fig. 1.



Fig. 1. Watermeter in een inkomhal, in een aparte put, in de kelder van een appartementsgebouw.

5) Vergelijking met de bestaande stralingsbelasting

De meest logische werkwijze voor het afschatten van de bijkomende stralingsbelasting van een nieuwe toepassing is deze te vergelijken met de reeds bestaande stralingsbelasting. In de huidige maatschappij zijn de belangrijkste componenten in de stralingsbelasting voor de gemiddelde burger 1. Het GSM en UMTS netwerk, 2. DECT, en 3. WiFi (draadloos internet). In Tabel 1 wordt de grootteorde van enkele karakteristieken weergegeven voor deze en andere stralingsbronnen. De belangrijkste (berekende) cijfers staan in de laatste drie kolommen. Daar wordt de stralingsintensiteit in W/m^2 , de bijhorende elektrische veldsterkte in V/m , en de gemiddelde stralingsbelasting per dag in W/m^2 weergegeven. De stralingsintensiteit komt overeen met de stralingsenergie die per seconde en per vierkante meter op het

lichaam invalt. De berekeningen zijn gebeurd op basis van klassieke elektromagnetische antenne- en stralingstheorie.

We zien zeer duidelijk dat slimme watermeters slechts een verwaarloosbare bijdrage zullen leveren tot de algemene stralingsbelasting. Bij werking, dus bij het uitzenden van hun boodschap via het SIGFOX netwerk, geven ze een stralingsintensiteit op 1 m afstand van slechts 0.002 W/m². Dit is in de orde van 1/10000^{de} van wat een GSM of een UMTS aan stralingsintensiteit geeft op het menselijke hoofd tijdens het telefoneren. Het is in de orde van 1/10^e van wat een GSM basisstation veroorzaakt op een 100-tal meter afstand. Deze intensiteit is berekend wanneer de “bestraalde” persoon op 1 m afstand staat, in het direct zicht van de antenne in de watermeter. In de realiteit is de afstand gemiddeld gezien vele malen groter. Bij 10 m afstand is de typische intensiteit reeds gedaald tot 0.0002 W/m². Deze waarde hoort bij de laagste waarden in de ganse tabel. Daarbij moeten we ook nog in rekening brengen dat deze stralers in zeer moeilijke omstandigheden stralen: in putten, kelders, ver weg van de woonkamer en slaapkamer. Dit zorgt makkelijk voor een bijkomende verzwakking met een factor 10 tot 100. Dempingswaarden zoals in het niet heel verre verleden gebruikt door het BIPT worden ter illustratie weergegeven in Tabel 2. Meer nog, de boodschappen worden typisch slechts eenmaal tot enkele malen per dag doorgezonden, dit in tegenstelling tot GSM, UMTS, en Wifi, netwerken die zo goed als constant straling veroorzaken. Als we deze tijdsdimensie ook nog expliciet in de cijfers in rekening brengen, dan veroorzaakt een slimme stralingsmeter een gemiddelde stralingsbelasting per dag die nog veel lager is. Op basis van al deze vaststellingen is de enig mogelijke technisch-wetenschappelijk conclusie de volgende: uitgaande van de gegevens die we doorgekregen hebben, moeten we concluderen dat de bijkomende stralingsbelasting die slimme watermeters zullen veroorzaken te verwaarlozen is ten opzichte van de reeds bestaande stralingsbelasting.

Noteer daarenboven ook dat eigenlijk het GSM netwerk het meest aangewezen is om als referentie gebruikt te worden in deze problematiek, en dit omdat het vele gelijkaardige karakteristieken heeft: cellulair, vergelijkbare frequenties, uitgerold buiten de directe specifieke vraag van de gemiddelde burger, etc..

Tabel 1. De voornaamste karakteristieken van de meest belangrijke stralers in onze maatschappij en van de slimme watermeter zoals Water-link die gaat gebruiken.

Source	Frequency (GHz)	Power (W)	Distance (m)	Duration per day (h)	Typical exposure (W/m ²)	Typical exposure (V/m)	Average exposure per day (W/m ²)
GSM handset	0.9, 1.8	0.02-2 (1/8 time)	0.01-0.02 1	1	2-200 0.0002-0.02	27.5-275 0.027-0.27	0.083-8.3 0.0000083-0.00083
UMTS handset	0.85, 1.7, 1.9, 2.1	max. 0.125-0.250	0.01-0.02	1	max. 12.5-25	68.7-97.1	max. 0.52-1.04
GSM BS	0.9, 1.8	20-100	10 100	24	3.2 0.032	34.7 3.47	3.2 0.032
DECT (phone)	1.9	0.25 peak	1	1	0.02	2.75	0.00083
WLAN,WIFI (internet)	2.4	0.1 max	1 10	6	0.008 0.00008	1.74 0.17	0.002 0.00002
Radio/TV	kHz-MHz	up to 100 kW	1000	24	0.016	2.46	0.016
Bluetooth	2.4	0.001-0.010	0.01-0.02	1	0.8-8	17.4-54.9	0.033-0.33
Smart Water Meter	0.868, 0.869	0.025 (EIRP)	1 10	1/600	0.002 0.00002	0.87 0.087	0.00000014 0.000000014
Zon	broad spectrum ionizing !			8	1400/2 (ca. 50 % absorption by atmosphere)	726.5	233

Tabel 2. Dempingsfactoren doorheen verschillende media.

Type of damping	Frequency (GHz)	Damping (dB)
line-of-sight	0.01 – 10	0
brick wall	0.01 – 1	-3
	1 - 10	-5
car	0.01 - 10	-3
concrete ceiling	0.01 – 1	-6
	1 – 10	-7.8
concrete wall	0.01 - 10	-7
metal wall	0.01 – 10	-12
normal roof	0.01 - 10	-2
wall with windows	0.01 - 10	-2

6) Uitgevoerde metingen

De metingen bestonden uit een eerste breedbandmeting in de band 500 MHz – 3.5 GHz, dit om de omgeving wat betreft straling binnen de normale communicatiebanden te karakteriseren, en daarna de metingen om de straling gebruikt voor de slimme watermeter te karakteriseren.

6.1. Gebruikte apparatuur

- HyperLOG 7040 antenne, winst 5.4 dBi op 920 MHz, SMA connector
- Anritsu MS-2721A draagbare spectrum analyzer
- coaxiale kabel: RG142

De instellingen van de spectrum analyzer waren:

- RBW (bandbreedte): Auto
- Trace mode: MaxHold
- Detection: Peak
- Tijdsduur: ~ 1 minuut

6.2. Locatie

De metingen werden uitgevoerd in een normaal woonhuis in Duffel. De preciese meetsituatie is weergegeven in de fotos in Fig. 2. De meetantenne werd steeds naar de watermeter gericht, met line-of-sight condities.



Fig. 2. Locatie van de metingen en meettopologie.

6.3. Breedbandige meting

De resultaten van de breedbandige meting (500 MHz – 3.5 GHz) worden weergegeven in Fig. 3 en de tabellen 3 en 4. We zien duidelijk een overwicht van de WiFi straling ten gevolge van het aanwezige draadloze internet. De geïntegreerde totale stralingsbelasting is in de orde van 1 V/m.

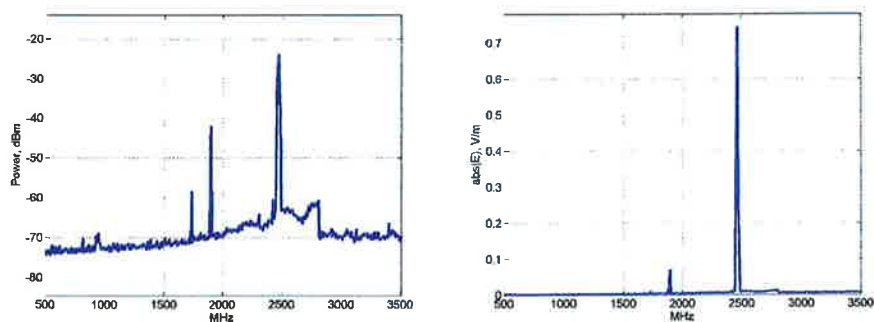


Fig. 3. Breedbandige meting: vermogen gemeten met de spectrum analyzer (links) en afgeleide stralingsblootstelling in V/m (rechts).

Tabel 3. Gemeten piekwaarden boven -60 dBm.

Polarisatie	Frequentie MHz	Gemeten vermogen dBm	Veldsterkte V/m	Bron
Horizontaal	1732.73	-58.29	0.0099	GSM uplink
Horizontaal	1896.36	-41.872	0.068	DECT

Horizontaal	2463.64	-23.93	0.74	ISM (2400-2483.5 MHz)
-------------	---------	--------	------	-----------------------

Tabel 4. Geïntegreerde veldsterktewaarden over operationele banden en over ganse gemeten band.

Polarisatie	Veldsterkte, V/m	Bron
Horizontaal	0.0097	GSM 1800 uplink
Horizontaal	0.084	DECT
Horizontaal	1	ISM (2400-2483.5 MHz)
Totaal	1.025	

6.4. Smalbandige metingen

De resultaten van de smalbandige metingen (800 MHz – 900 MHz) worden weergegeven in Fig. 4 en tabellen 5 en 6 (horizontale polarisatie) en Fig. 5 en de tabellen 7 en 8 (verticale polarisatie). We zien duidelijk de pieken van de communicatie van de slimme watermeter. De geïntegreerde totale stralingsbelasting, zie tabel 9, is in de orde van 1.5 V/m. Er moet nogmaals de nadruk gelegd worden op het feit dat deze belasting slechts optreedt wanneer er werkelijk communicatie is, dus maximaal slechts enkele seconden per dag, dit in grote tegenstelling tot GSM en WiFi.

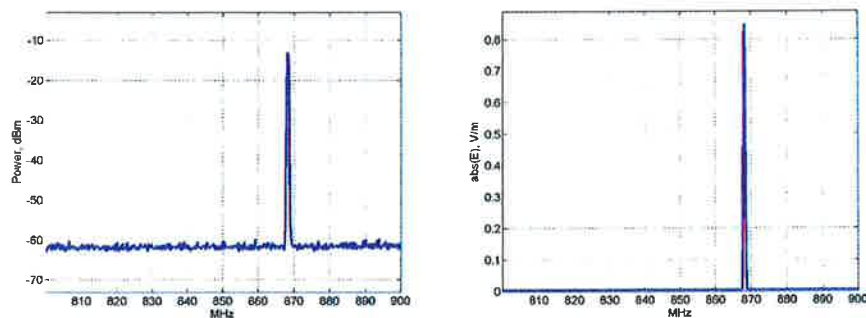


Fig. 4. Smalbandige meting, horizontale polarisatie: vermogen gemeten met de spectrum analyzer (links) en afgeleide stralingsblootstelling in V/m (rechts).

Tabel 5. Gemeten piekwaarden boven -60 dBm.

Polarisatie	Frequentie MHz	Gemeten vermogen dBm	Veldsterkte V/m	Bron
Horizontaal	868.182	-12.99	0.85	Slimme watermeter

Tabel 6. Geïntegreerde veldsterktewaarden over operationele banden en over ganse gemeten band.

Polarisatie	Veldsterkte, V/m	Bron
Horizontaal	1.34	Slimme watermeter
Totaal	1.34	

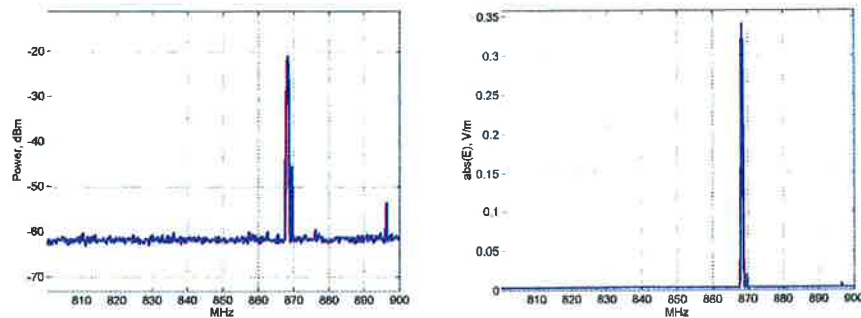


Fig. 5. Smalbandige meting, verticale polarisatie: vermogen gemeten met de spectrum analyzer (links) en afgeleide stralingsblootstelling in V/m (rechts).

Tabel 7. Gemeten piekwaarden boven -60 dBm.

Polarisatie	Frequentie MHz	Gemeten vermogen dBm	Veldsterkte V/m	Bron
Verticaal	868.182	-20.88	0.34	Slimme watermeter
Verticaal	869.455	-45.4	0.02	BS Slimme watermeter

Tabel 8. Geïntegreerde veldsterktewaarden over operationele banden en over ganse gemeten band.

Polarisatie	Veldsterkte, V/m	Bron
Verticaal	0.54	Slimme watermeter
Totaal	0.54	

Tabel 9. Geïntegreerde veldsterktewaarden over operationele banden en over ganse gemeten band voor beide polarisaties samen.

Polarisatie	Veldsterkte V/m	Bron
Horizontaal	1.34	Slimme watermeter
Verticaal	0.54	Slimme watermeter
Totaal (Horizontaal + Verticaal)	1.44	

Noteer dat de waarde die we uiteindelijk bekomen in de metingen (1.44 V/m) dezelfde grootteorde heeft als de waarde die we theoretisch op 1 m afstand berekend hadden (0.87 V/m), zie Tabel 1. Dit kan gezien worden als een wederzijdse bevestiging van deze cijfers. Het feit dat deze waarden niet identiek zijn is makkelijk te verklaren door de onvermijdelijke reflecties in de zeer complexe omgeving van de watermeter. Dit is een zeer normaal verschijnsel.

Conclusies

Gezien de zeer lage vermogens die uitgezonden worden in vergelijking met GSM en WiFi, en gezien de zeer korte duurtijden van de straling, ook in vergelijking met GSM en WiFi, is de bijkomende stralingsbelasting die slimme watermeters zullen veroorzaken binnen onze maatschappij te verwaarlozen ten opzichte van de straling die reeds gegenereerd wordt door GSM en WiFi. Het heeft geen enkele zin om zich zorgen te maken over deze bijkomende straling, zonder eerst en vooral de echt grote bronnen van straling op een wetenschappelijk, medisch, en economisch verantwoorde manier aan te pakken in het licht van mogelijke nadelige effecten op de gezondheid over langere termijn periodes.