



Reglementering en standaarden

Resonant inductive coupled
wireless power transmission

Odisee
DE CO-HOGESCHOOL

Technologiecampus Gent

Gebr. De Smetstraat 1 | 9000 Gent

T. 09 265 86 10 | E. info.gent@odisee.be

Het doel van deze brochure is de lezer informeren over een aantal belangrijke reglementeringen en standaarden die voor resonant inductief draadloos opladen van kracht zijn. De focus ligt vooral op zgn. “*Near field resonant inductive coupled wireless power transmission*” van relatief lage vermogens (tot 200 W). Verder richt deze brochure zich hoofdzakelijk op de Europese richtlijnen en Belgische wetgeving. Ook worden een aantal geharmoniseerde standaarden aangehaald die met oog op de conformiteit gehanteerd kunnen worden.

Deze brochure werd opgesteld naar aanleiding van het project “Start-2-Charge: laagdrempelig draadloos opladen”. Dit project wordt gerealiseerd via de middelen voor Praktijkgericht Wetenschappelijk Onderzoek (PWO) van Odisee, ter beschikking gesteld door de Vlaamse Overheid. Eén van de doelen van dit project is het draadloos inductief opladen toegankelijker maken voor het werkveld.

INHOUDSOPGAVE

Inhoudsopgave	3
Start-2-Charge project.....	4
Elektromagnetische draadloze energieoverdracht.....	5
Voor- en nadelen van RIC WPT	7
Regularisaties.....	10
Richtlijn 2014/53/EU artikel 3 (essentiële eisen).....	14
Richtlijn 2014/53/EU artikel 3.1 (Richtlijn 2014/35/EU & Richtlijn 2014/30/EU) .	14
Richtlijn 2014/53/EU artikel 3.2	18
Richtlijn 2014/53/EU artikel 3.3	20
België	21
Elektromagnetische veiligheid	22
Internationaal	22
Europees	23
België	25
Geldende standaarden voor RIC WPT	27
Qi standaard (low power) WPC.....	27
AirFuel (low power).....	28
Standaarden hogere vermogens	28
Referentielijst.....	29

Start-2-Charge project

In Start-2-Charge verlagen we de drempel voor bedrijven om inductief draadloos opladen te implementeren. Immers, heel wat ondernemingen ondervinden hindernissen om deze nieuwe technologie toe te passen in hun gamma of werkomgeving. In het project Start-2-Charge wordt dit gerealiseerd door het uitbouwen van een modulair testplatform en de ontwikkeling van een praktijkgerichte handleiding met ontwerprichtlijnen om een eigen draadloze toepassing uit te bouwen. Op de website van de onderzoekskern “UCE: User Centered Electronics & ICT” (www.odisee.be/uce-user-centered-electronics-ict) kan meer info teruggevonden worden over hoe wij jou kunnen ondersteunen.

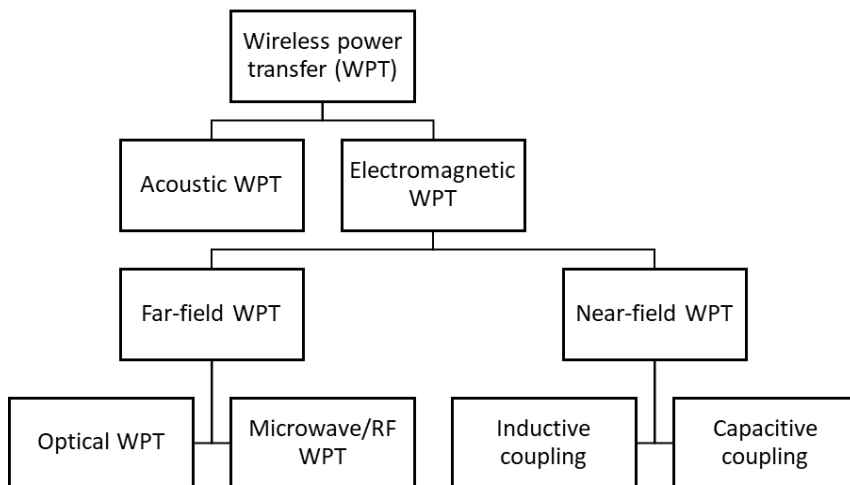


Elektromagnetische draadloze energieoverdracht

Vandaag de dag bestaan er tal van technologieën waarmee zonder enig fysisch contact energie tussen twee media getransfereerd kan worden. Deze technologieën staan bekend als wireless power transmission (WPT) systemen.

Regelmatig worden WPT-systemen onderverdeeld in twee groepen naargelang de gebruikte technologie. Bij de eerste groep (de far field technologie) vindt de energietransfer via elektromagnetische velden plaats over grote afstanden [1]. Enkele voorbeelden van de far field WPT-technologie zijn de microwave power transmission en de laser power beaming. De tweede groep waartoe WPT-technologieën kunnen behoren focust zich op kortere afstanden. Deze groep staat bekend als de near field WPT-technologie en maakt gebruik van elektromagnetische resonantie of elektromagnetische inductie. Bij elektromagnetische inductie en elektromagnetische resonantie wordt er gebruik gemaakt van een dynamisch elektromagnetisch veld. Doch is er een groot verschil tussen beide technologieën zijnde de koppelingsfactor. In het geval van elektromagnetische inductie is de koppelingsfactor gewoonlijk groot wat een goede efficiëntie met zich teweegbrengt. Die efficiëntie kan echter nog verhoogd worden door gebruik te maken van de populaire elektromagnetische resonantie. Alhoewel deze technologie veelal gepaard gaat met een lagere koppelingsfactor wordt dankzij het resonantie-effect toch een vermogensoverdracht met hoge efficiëntie tot stand gebracht. Dit levert bovendien het voordeel dat de uitlijning van de spoelen van minder belang is.

In deze brochure zal voornamelijk de wetgeving die geldig is voor de resonante technologie (resonant inductive coupled wireless power transmission: RIC WPT) beschouwd worden. Een overzicht van de verschillende technologieën kan teruggevonden worden in Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht van de verschillende wireless power transmission (WPT) systemen

Voor- en nadelen van RIC WPT

Draadloze energieoverdracht via inductieve koppeling laat toe om de batterij van een elektrisch apparaat op te laden zonder dat een fysieke kabel moet ingeplugd worden. Dit heeft verschillende voordelen [4]–[7].

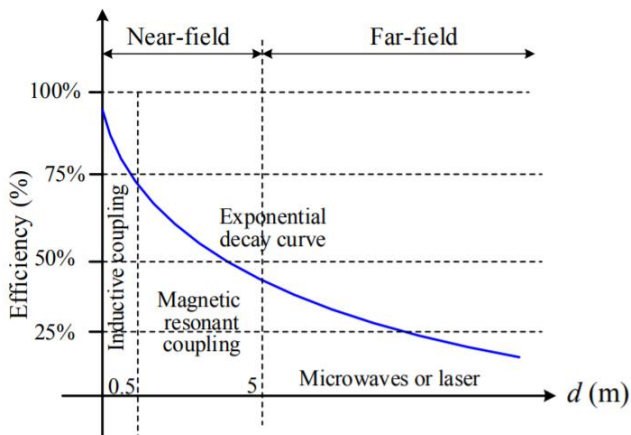
Het belangrijkste voordeel, zeker voor draagbare apparatuur, is het praktische gebruiksgemak en de gebruikerservaring. Met draadloze energieoverdracht heeft de gebruiker geen gedoe meer met het aansluiten van kabels om het apparaat op te laden. Dit geldt zowel voor consumenten, als in een industriële setting.

Draadloos opgeladen apparaten leiden tot een hogere robuustheid omdat er geen open verbindingen nodig zijn. Er is geen slijtage meer aan de oplaadconnector; het toestel is geheel afsluitbaar, waardoor het water- en stofdicht is. In industriële omgevingen is dit vaak een vereiste. Bij bedraad opladen kunnen vonken ontstaan bij het (los)koppelen van de oplaadkabel aan het apparaat. Draadloos opladen verhoogt de veiligheid in gevaarlijke industriële omgevingen waar ontvlambare of brandbare atmosferen aanwezig zijn.

Draadloos laden vergemakkelijkt de miniaturisatie van apparaten door het weglaten van een grote opladerconnector of een verkleining van de batterij. Bovendien is het voor bepaalde toepassingen kostbaar, gevaarlijk of onhaalbaar om de batterijen van het apparaat te vervangen of om oplaadkabels aan te sluiten (bijv. het opladen van Internet of Things-sensornetwerken of medische implantaten).

Slimme apparaten zijn in staat hun lage batterijspanning te detecteren en kunnen zich automatisch melden bij een laadstation om te herladen (bijv. automatisch geleide voertuigen, robots, drones,...). Het draadloos opladen van deze slimme apparaten zonder enige menselijke tussenkomst leidt tot een meer geautomatiseerde, betrouwbare en energiezuinige werking.

Naast deze opmerkelijke voordelen kent RIC WPT helaas ook een aantal fundamentele beperkingen. Zo is er de invloed van de koppelfactor op de efficiëntie waarmee de energieoverdracht plaats vindt. Bij een slechte uitlijning of grotere afstand tussen de zend- en ontvangspoel zal de koppelfactor gewoonlijk afnemen waardoor de efficiëntie aanzienlijk daalt.



Figuur 2: verband tussen de efficiëntie van de vermogensoverdracht en de afstand tussen de transmitter en ontvanger [3]

Verder zijn er nog de elektromagnetische golven die niet altijd even onschadelijk zijn. Dergelijke elektromagnetische golven kunnen namelijk interfereren met andere elektrische toestellen waarbij ze de werking mogelijks verstoren. Bovendien kunnen dergelijke stralen ook interfereren met het menselijk lichaam waarbij ze elektrostimulatie, veranderingen in de permeabiliteit van het celmembraan, en thermische effecten kunnen veroorzaken.

Om deze gevaren en nadelen enigszins te beperken, worden er tal van limieten met behulp van de wetgeving aan de technologie opgelegd. Een aantal belangrijke regelgevende instanties die betrekking hebben bij het definiëren van dergelijke limieten zijn in Tabel 1 [7] opgenomen.

Tabel 1: Enkele belangrijke regulariserende instanties [7]

Regulariserende instanties		
Organisatie	Geografische invloed	Sector
APT Regional	Azië	Telecommunicatie
CENELEC	Globaal	Elektrisch
CEPT/ECC	Regionaal (Europa)	Telecommunicatie
CISPR	Globaal	Elektrisch
ETSI	Regionaal (Europa)	Telecommunicatie
FCC	Nationaal (USA)	Telecommunicatie
ICNIRP	Globaal	Gezondheid
IEC	Globaal	Elektrisch
IEEE	Globaal	Telecommunicatie/Elektrisch/Gezondheid
ISO	Globaal	Algemeen
ITU	Globaal	Telecommunicatie

Regularisaties

Om de nadelen en gevaren die gepaard gaan met de technologie van WPT enigszins te beperken worden dus tal van limieten opgelegd. In wat volgt zullen deze limieten aangekaart worden. In deze brochure ligt de focus voornamelijk op de Europese richtlijnen en de Belgische wetgeving die van kracht zijn. Bovendien richten we ons naar de RIC WPT waarbij enige vorm van datacommunicatie tussen ontvanger en zender plaatsvindt. De limieten en regels gekoppeld aan de WPT-technologie kunnen namelijk sterk variëren naar gelang de gebruikte technologie zoals ook in Tabel 2, Tabel 3 en Tabel 4 van het ITU [8] wordt voorgesteld.

Zoals uit Tabel 2, Tabel 3 en Tabel 4 geconcludeerd kan worden, valt de RIC WPT met enige vorm van datacommunicatietechnologie niet onder de richtlijnen 2014/30/EU [9] (EMC richtlijn) of de richtlijn 2014/35/EU [10] (lage spanningsrichtlijn) maar wel onder de 2014/53/EU richtlijn [11] betreffende het op de markt brengen van radioapparatuur.

De richtlijn 2014/53/EU stelt evenwel geen veiligheidseisen betreffende de volksgezondheid (ten gevolge van de elektromagnetische interferentie met het lichaam). Hiervoor geldt namelijk de richtlijn 2013/35/EU [12] en de aanbeveling van de raad 1999/519/EC [13].



Tabel 2: ITU SM.2303-3 European regulation concerning EMC and efficient use of the radio frequency (RF) spectrum (TCAM, CEPT/ERC, SDOs ETSI and CENELEC) [8]
[deel 1]

TABLE ITU SM.2303-3 European regulation concerning EMC and efficient use of the radio frequency (RF) spectrum (TCAM, CEPT/ERC, SDOs ETSI and CENELEC)					
Case	Relevant regulation	Other specifications also used by regulators	Applicable essential requirements/standards		
			EMF	EMC	Radio
1. WPT systems without data transfer or communication function	<u>EMC Directive</u>	None	<u>EN 62311 (EN 62479)</u> or other applicable standards from the OJEU listed under the <u>Low Voltage Directive</u>	<u>EN 55011</u> Group 2 (or more specific CENELEC standard, if available)	N/A
2a. WPT systems with data transfer or communication function at same frequency as energy transfer (Any power transfer rate)	<u>EMC Directive</u>	None	See above	See above	See above
NOTE - For the time being, type tests on power electronic WPT equipment with or without additional data transfer or communications at one and the same frequency in the radio frequency range can be performed based on <u>EN 55011</u> . There is no constraint in the rated throughput power, as long as it can be shown that the product type in question meets the emission requirements specified in <u>EN 55011</u> .					
It is expected that CENELEC starts closing the gap in the limits in <u>EN 55011</u> for conducted and radiated emissions in the range 9 kHz to 150 kHz, in particular for power electronic WPT equipment using fundamental operation frequencies allocated in that frequency range. It is also expected that CENELEC starts adapting emission limits for WPT appliances in the other EMC product standards too.					

Table 3: ITU SM.2303-3 European regulation concerning EMC and efficient use of the radio frequency (RF) spectrum (TCAM, CEPT/ERC, SDOs ETSI and CENELEC) [8] [deel 2]

TABLE ITU SM.2303-3 European regulation concerning EMC and efficient use of the radio frequency (RF) spectrum (TCAM, CEPT/ERC, SDOs ETSI and CENELEC)					
Case	Relevant regulation	Other specifications also used by regulators	Applicable essential requirements/standards		
			EMF	EMC	Radio
2b. WPT systems with data transfer or communication function at same frequency as energy transfer (Limited power transfer rate)	<u>RED Directive</u>	None	EMF standards for radio appliances	EMC standards for radio appliances	Functional standards for radio appliances
		9 kHz < band < 30 MHz	<u>EN 62311 (EN 62479)</u>	<u>EN 301 489-1/3</u>	<u>EN 300 330</u>
		30 MHz < band < 1 GHz			<u>EN 300 220</u>
		1 GHz < band < 40 GHz			<u>EN 300 440</u>
NOTE – Where possible, the combination of the ETSI standards <u>EN 301 489-1/3</u> and a respective ETSI functional radio standard can be used for type tests on short range radio devices (SRD) which provide both, WPT and radio data transfer or radio communications at one and the same radio frequency.					
Presently, possibility of type testing of SRDs with WPT functionality is still limited to rather low rated power throughput levels. ETSI has published a specific harmonized standard (<u>EN 303 417</u>) for all kinds of WPT systems with a communication functionality. This harmonized standard could also be used to specify/test the radiations outside the WPT system which are based on the power transmission.					

Tabel 4: ITU SM.2303-3 European regulation concerning EMC and efficient use of the radio frequency (RF) spectrum (TCAM, CEPT/ERC, SDOs ETSI and CENELEC) [8]
[deel 3]

TABLE ITU SM.2303-3 European regulation concerning EMC and efficient use of the radio frequency (RF) spectrum (TCAM, CEPT/ERC, SDOs ETSI and CENELEC)					
Case	Relevant regulation	Other specifications also used by regulators	Applicable essential requirements/standards		
			EMF	EMC	Radio
3. WPT systems with data transfer or communication function at different frequency to energy transfer	<u>EMC Directive</u>	For final assessment of the RFI potential of the WPT function without or with data transfer at the same frequency, the rules of Case 1, or of Case 2a apply			
	<u>RED Directive</u>	None	EMF standards for radio appliances	EMC standards for radio appliances	Functional standards for radio appliances
		9 kHz < band < 30 MHz	<u>EN 62311</u> (<u>EN 62479</u>)	<u>EN 301 489-1/3</u>	<u>EN 300 330</u>
		30 MHz < band < 1 GHz			<u>EN 300 220</u>
		1 GHz < band < 40 GHz			<u>EN 300 440</u>
NOTE - The combination of the ETSI standards <u>EN 301 489-1/3</u> is just an example and shall be used for type tests on SRD modules providing the data transfer and/or communications function for the WPT product subject to the type test.					
In principle any other kind of radio application fitting the purpose of local data and/or radio communications in between the devices forming the local wireless power transmission (WPT) system can be used. In this case, other combinations of harmonized functional and EMC standards of ETSI apply, e.g. Bluetooth > <u>EN 300 328</u> & <u>EN 301 489-1/17</u> , dependent on the communication technology.					

Richtlijn 2014/53/EU artikel 3 (essentiële eisen)

Wanneer er sprake is van het doelbewust uitzenden en/of ontvangen van radiogolven ten behoeven van radiodeterminatie of radiocommunicatie is de richtlijn 2014/53/EU van kracht [11]. In artikel 3 van deze richtlijn worden de essentiële eisen gesteld.

Tabel 5: De essentiële eisen gesteld in artikel 3 van de richtlijn 2014/53/EU [11]

Richtlijn 2014/53/EU artikel 3 (essentiële eisen)	
1	Radioapparatuur moet zo geconstrueerd zijn dat het volgende wordt gewaarborgd:
a	de bescherming van de gezondheid en de veiligheid van personen en huisdieren, en de bescherming van goederen, met inbegrip van de doelstellingen met betrekking tot de veiligheidsvoorschriften van Richtlijn 2014/35/EU, maar zonder toepassing van de spanningsgrens;
b	een passend niveau van elektromagnetische compatibiliteit zoals beschreven in Richtlijn 2014/30/EU.
2	Radioapparatuur moet zo geconstrueerd zijn dat zij het radiospectrum zowel effectief gebruikt als een efficiënt gebruik van het radiospectrum ondersteunt met als doel schadelijke interferentie te voorkomen.
3	Extra essentiële eisen voor bepaalde groepen van radioapparatuur.

Richtlijn 2014/53/EU artikel 3.1 (Richtlijn 2014/35/EU & Richtlijn 2014/30/EU)

Alhoewel voor radioapparatuur onderhevig aan de richtlijn 2014/53/EU geldt dat de richtlijnen 2014/35/EU en 2014/30/EU niet van toepassing zijn, moet men wel volgens artikel 3.1 aan de essentiële eisen gesteld in deze richtlijnen voldoen. Concreet betekent dit dat deze richtlijnen van kracht zijn maar onderworpen zijn aan de richtlijn betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake het op de markt aanbieden van radioapparatuur. In het geval van tegenspraak heeft de richtlijn 2014/53/EU dus altijd voorrang [14].

Richtlijn 2014/35/EU (veiligheidsdoeleinden voor elektrisch materiaal)

Een eerste essentiële eis waaraan RIC WPT volgens de richtlijn 2014/53/EU moet voldoen, is de richtlijn betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake het op de markt aanbieden van elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen (richtlijn 2014/35/EU) [10] maar dan zonder het toepassen van de spanningsgrens. De richtlijn 2014/35/EU heeft als doel het waarborgen dat elektrisch materiaal dat op de markt aangeboden wordt aan de eisen op vlak van bescherming van de gezondheid en veiligheid van personen en van huisdieren en goederen voldoet. Dit kan verwezenlijkt worden door aan de eisen die in bijlage 1 van de richtlijn zijn opgenomen te voldoen.

Om een richtlijn toe te passen wordt er veelal gebruik gemaakt van geharmoniseerde standaarden. Tabel 6 geeft alvast een aantal relevante geharmoniseerde standaarden met betrekking op RIC WPT en de richtlijn 2014/35/EU terug.

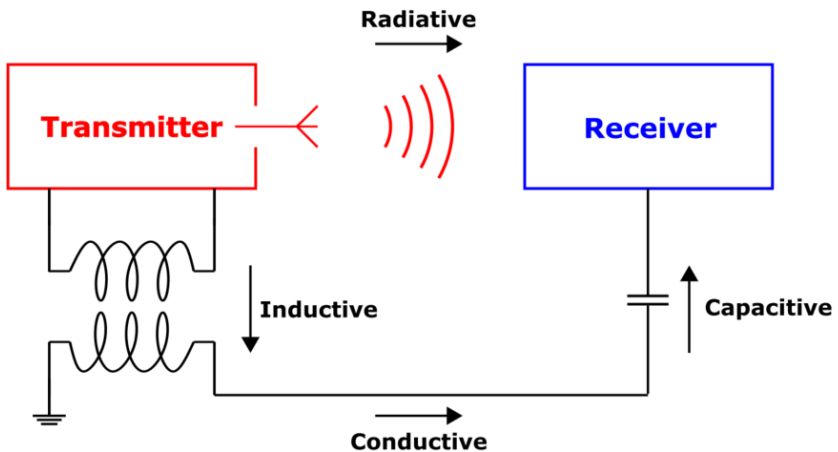
Tabel 6: Richtlijn 2014/35/EU interessante geharmoniseerde standaarden

Richtlijn 2014/35/EU interessante geharmoniseerde standaarden	
Geharmoniseerde standaard	Detail
IEC 60335	Household and similar electrical appliances - Safety
IEC 60950	Information technology equipment - Safety
EN 60215	Safety requirements for radio transmitting equipment

Meer standaarden met betrekking op de laagspanningsrichtlijn 2014/35/EU kunnen teruggevonden worden in Official Journal of the European Union houdende de geharmoniseerde standaarden van richtlijn 2014/35/EU [15].

Richtlijn 2014/30/EU

Naast de essentiële eisen gesteld in richtlijn 2014/35/EU moet radioapparatuur volgens de richtlijn 2014/53/EU ook voldoen aan de essentiële eisen betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit (richtlijn 2014/30/EU) [9]. Het doel van 2014/30/EU is er voor te zorgen dat uitrusting een passend niveau van elektromagnetische compatibiliteit hebben. Dit wordt verwezenlijkt door te voldoen aan de gestelde eisen van bijlage 1. Opnieuw kunnen uiteraard geharmoniseerde standaarden gebruikt worden. Een aantal van dergelijke standaarden met betrekking tot WPT worden in Tabel 7 voorgesteld.



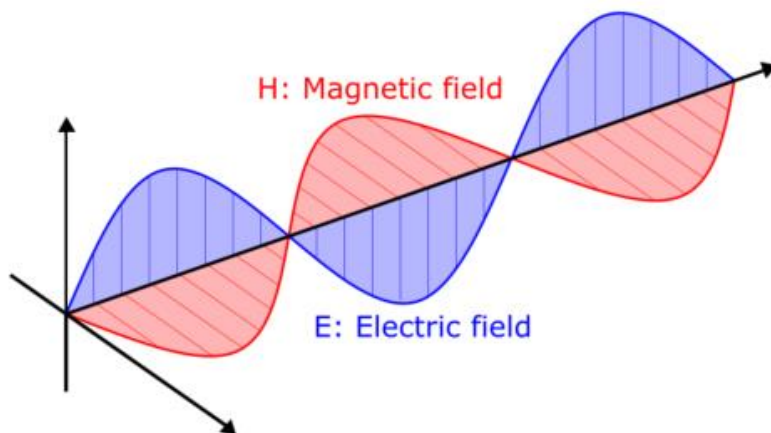
Tabel 7: Richtlijn 2014/30/EU interessante geharmoniseerde standaarden

Richtlijn 2014/30/EU interessante geharmoniseerde standaarden	
Geharmoniseerde standaard	Detail
CISPR 11 / EN 55011	Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement
CISPR 14 / EN 55014	Electromagnetic compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus
CISPR 15 / EN 55015	Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment
CISPR 32 / EN 55032	Amendment 1 - Electromagnetic compatibility of multimedia equipment - Emission requirements
CISPR 12 / EN 55012	Vehicles, boats and internal combustion engines - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers
CISPR 36 / EN 55036	Electric and hybrid electric road vehicles - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers below 30 MHz
ETSI EN 301 489-1	ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 1: Common technical requirements; Harmonised Standard for ElectroMagnetic Compatibility
ETSI EN 301 489-2	ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 2: Specific conditions for radio paging equipment; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.1(b) of Directive 2014/53/EU
ETSI EN 301 489-3	ElectroMagnetic Compatibility (EMC) standard for radio equipment and services; Part 3: Specific conditions for Short-Range Devices (SRD) operating on frequencies between 9 kHz and 246 GHz; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.1(b) of Directive 2014/53/EU
IEC EN 61000	Electromagnetic Compatibility (EMC)

Meer standaarden met betrekking tot de richtlijn 2014/30/EU kunnen teruggevonden worden in the Official Journal of the European Union houdende de geharmoniseerde standaarden van richtlijn 2014/30/EU [16]. Voor meer informatie over de verschillende soorten elektromagnetische compatibiliteitproblemen alsook de te nemen maatregelen inzake elektromagnetische interferentie (EMI), refereren we naar “Understanding and Eliminating EMI in Microcontroller Applications van National Semiconductor” [17].

Richtlijn 2014/53/EU artikel 3.2

In artikel 3.2 van de richtlijn 2014/53/EU [11] wordt er gesteld dat radioapparatuur zodanig ontworpen moet worden zodat deze het radiospectrum zowel effectief gebruikt als een efficiënt gebruik van het radiospectrum ondersteunt met als doel schadelijke interferentie te voorkomen. Enkele relevante geharmoniseerde standaarden die kunnen helpen bij het voldoen aan de gestelde eisen van artikel 3.2 zijn in Tabel 8 opgenomen.



Tabel 8: Richtlijn 2014/53/EU art. 3.2. interessante geharmoniseerde standaarden

Richtlijn 2014/53/EU art. 3.2. interessante geharmoniseerde standaarden	
Geharmoniseerde standaard	Detail
ETSI EN 303 417	Wireless power transmission systems, using technologies other than radio frequency beam, in the 19 - 21 kHz, 59 - 61 kHz, 79 - 90 kHz, 100 - 300 kHz, 6 765 - 6 795 kHz ranges; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU
ETSI EN 300 330	Short Range Devices (SRD); Radio equipment in the frequency range 9 kHz to 25 MHz and inductive loop systems in the frequency range 9 kHz to 30 MHz; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU
ETSI EN 300 220	Short Range Devices (SRD) operating in the frequency range 25 MHz to 1 000 MHz;
ETSI EN 300 440	Short Range Devices (SRD); Radio equipment to be used in the 1 GHz to 40 GHz frequency range; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Directive 2014/53/EU
ETSI TR 103 409	System Reference document (SRdoc); Wireless Power Transmission (WPT) systems for Electric Vehicles (EV) operating in the frequency band 79 - 90 kHz
ETSI TR 103 493	System Reference document (SRdoc); Wireless Power Transmission (WPT) systems operating below 30 MHz

De geharmoniseerde standaard ETSI EN 303 417

Een belangrijke geharmoniseerde standaard is de ETSI EN 303 417 [18]. Deze standaard dekt de essentiële eisen gesteld in de richtlijn 2014/53/EU artikel 3.2 met betrekking op “*wireless power transmission (WPT) systems using technologies other than radio frequency beam in the frequency ranges 19 - 21 kHz, 59 - 61 kHz, 79 - 90 kHz, 100 - 300 kHz, 6 765 - 6 795 kHz*”. Tabel 9 geeft een basisoverzicht weer van de punten die in de ETSI EN 303 417 besproken worden.

Tabel 9: Requirements harmonised standard ETSI EN 303 417 [18]

Requirements harmonised standard ETSI EN 303 417				
Requirement			Requirement	
No	Description of the requirement	Reference: Clause No	U/C	Condition
1	Permitted range of operating frequencies	4.3.2	U	
2	Operating frequency ranges	4.3.3	U	
3	H-field requirements	4.3.4	U	
4	Transmitter spurious emissions	4.3.5	U	
5	Transmitter out of band (OOB) emissions	4.3.6	U	
6	WPT system unwanted conducted emissions	4.3.7	C	Only for equipment which has a cable between the off board power supply and the primary coil which is longer than 3 m
7	Receiver blocking	4.4.2	C	Only for certain operation modes

Aanvullend op deze norm is ook de geharmoniseerde norm ETSI EN 103 493 [19] relevant vermits deze voor verschillende WPT-systemen in functie van de vermogensklasse de gebruikte frequentiebanden weergeeft.

Richtlijn 2014/53/EU artikel 3.3

Artikel 3.3 van de richtlijn 2014/53/EU [11] geeft aan de Europese commissie de bevoegdheid om te bepalen welke klassen of categorieën van radioapparatuur moeten voldoen aan extra essentiële vereisten. Deze extra vereisten hebben betrekking op interoperabiliteit, hulpdiensten, software, fraude, privacy, persoonsgegevens en misbruik [14].

België

In tegenstelling tot een Europese verordening moet een Europese richtlijn steeds door de lidstaten nog in nationale wetgeving omgezet worden. Bij een dergelijke omzetting staat het de lidstaten evenwel vrij om indien gewenst strengere (maar nooit minder strenge) regels te implementeren. Het is dus mogelijk dat de nationale wetgeving van een lidstaat verschilt van een Europese richtlijn. De krijtlijnen van de nationale wetgeving worden desalniettemin vaak door middel van Europese richtlijnen bepaald.

België diende dus net als alle andere lidstaten de Europese richtlijn 2014/53/EU voor radioapparatuur om te zetten in nationale wetgeving. Deze omzetting kan onder meer terug gevonden worden in de geconsolideerde wetgeving betreffende de elektronische communicatie [20] en het Koninklijk besluit betreffende het op de markt aanbieden van radioapparatuur in het Belgisch Staatsblad van 25 maart 2016 [21].

Elektromagnetische veiligheid

Alhoewel de richtlijn 2014/53/EU reeds tal van essentiële eisen stelt aan WPT-technologie is deze wetgeving nog niet voldoende. Deze richtlijn voor radioapparatuur stelt namelijk geen eisen inzake het effect van de elektromagnetische veldsterkte op de gezondheid van de mens. Hiervoor dienen ook limieten opgesteld te worden. Deze limieten verschillen evenwel veelal van land tot land.

Internationaal

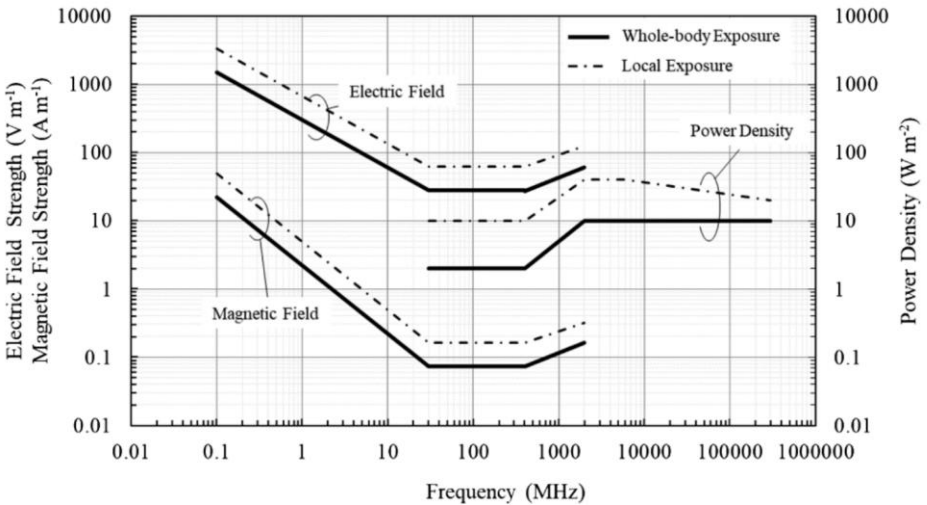
Vandaag de dag zijn tal van limieten omtrent elektromagnetische veiligheid in omloop. Doch hebben deze limieten veelal enkel betrekking op de korte termijn gezondheidseffecten. De lange termijn gezondheidseffecten zijn dan ook moeilijk wetenschappelijk te onderzoeken waardoor het moeilijk is hiervoor wetenschappelijk gegronde limieten op te stellen.

Desondanks de sterke variëteit inzake de minimum voorschriften tot blootstelling aan elektromagnetische golven wordt er in de wetgeving veelal verwezen naar de richtlijnen opgesteld door het International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) [22], [23] of het Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) [24].

Tabel 10: Interessante internationale geharmoniseerde standaarden inzake elektromagnetische veiligheid

Interessante geharmoniseerde standaarden inzake elektromagnetische veiligheid	
Geharmoniseerde standaard	Detail
ICNIRP 2010	ICNIRP guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1 Hz - 100 kHz)
ICNIRP 2020	ICNIRP guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz TO 300 GHz)
IEEE C95.1	IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz

In deze richtlijnen worden er verscheidene limieten opgesteld voor tal van verschillende grootheden. Zo worden er bijvoorbeeld limieten opgesteld in functie van de specifieke absorptietempo (SAT), de elektrische en magnetische veldsterkte, de contactstroom, de geïnduceerde stroom en de contactspanning. In het geval van RIC WPT zijn voornamelijk de magnetische veldsterkte referentie niveaus van belang.



Figuur 3: Gestelde EM- veiligheidslimieten in het ICNIRP Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz) [23]

Europees

De limieten die in de Europese wetgeving [12], [13] gesteld worden zijn in sterke mate gebaseerd op de gestelde limieten van het ICNIRP. Doch stemmen deze niet altijd volledig overeen. In Tabel 11 is alvast een belangrijke Europese richtlijn en aanbeveling opgenomen.

Tabel 11: Europese wetgeving betreffende blootstellingslimieten van de bevolking en werknemers aan elektromagnetische straling

Europese wetgeving inzake elektromagnetische veiligheid	
Europese wetgeving	Detail
Richtlijn 2013/35/EU	Richtlijn betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden)
Aanbeveling van de Raad 1999/519/EC	Aanbeveling betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz - 300 GHz

Richtlijn 2013/35/EU

De richtlijn 2013/35/EU stelt minimumvoorschriften inzake de gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysische agentia (elektromagnetische velden). Voor de in dienst name van de fundamentele eisen die gesteld worden in deze richtlijn kan er gebruik gemaakt worden van *“De niet-bindende gids van goede praktijken voor de tenuitvoerlegging van Richtlijn 2013/35/EU Elektromagnetische velden”* deel 1 en 2 [25], [26].

Geharmoniseerde standaarden

Een aantal relevante geharmoniseerde standaarden betreffende de beperking van blootstelling aan elektromagnetische velden zijn opgenomen in Tabel 12.

Tabel 12: Interessante geharmoniseerde standaarden inzake elektromagnetische veiligheid

Interessante geharmoniseerde standaarden inzake elektromagnetische veiligheid	
Geharmoniseerde standaard	Detail
IEC 62311	Assessment of electronic and electrical equipment related to human exposure restrictions for electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)
IEC 62479:2010	Assessment of the compliance of low-power electronic and electrical equipment with the basic restrictions related to human exposure to electromagnetic fields (10 MHz to 300 GHz)
ICNIRP 2010	ICNIRP guidelines for limiting exposure to time varying electric and magnetic fields (1 Hz - 100 kHz)
ICNIRP 2020	ICNIRP guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz TO 300 GHz)
IEEE C95.1	IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz
IEC EN 62233	Measurement methods for electromagnetic fields of household appliances and similar apparatus with regard to human exposure
IEC EN 62209	Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-worn wireless communication devices - Human models, instrumentation and procedures (Frequency range of 4 MHz to 10 GHz)

België

Opnieuw dient België als lidstaat de richtlijn om te zetten in nationale wetgeving. Verder staat het de lidstaten vrij om de aanbeveling al dan niet te volgen. De omzetting van de richtlijn 2013/35/EU kan in de Codex over het welzijn op het werk Boek V.- Omgevingsfactoren en fysische agentia Titel 7.- Elektromagnetische velden [27] terug gevonden worden.

De geldende limieten betreffende de blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische golven worden in België niet op nationaal maar wel op gewestelijk niveau opgelegd [28], [29]. Concreet bekend dit dat afhankelijk van het gewest andere limieten kunnen gelden. Algemeen kan er wel gesteld worden dat in tegenstelling tot de vele andere lidstaten België strengere eisen oplegt dan de Europese aanbeveling [13]. In Tabel 13 [30]–[33] zijn de regulariserende instanties met betrekking tot het definiëren van de limieten per gewest weergegeven.

Tabel 13: Regularisaties elektromagnetische veiligheid België

Regularisaties elektromagnetische veiligheid België		
Gewest	Regulariserende instantie	Decreet
Brussel Hoofdstedelijk Gewest	Leefmilieu Brussel (BIM/Brussels Instituut voor Milieubeheer)	Brusselse Ordonnantie van 1 maart 2007 betreffende de bescherming van het leefmilieu tegen de eventuele schadelijke effecten en hinder van niet-ioniserende stralingen
Vlaams Gewest	Milieu & Gezondheid Departement Leefmilieu, Natuur en Energie (LNE)	Waals Decreet van 3 april 2009 betreffende de bescherming tegen de eventuele schadelijke effecten en de hinder van de niet-ioniserende stralingen die door stationaire zendantennes gegenereerd worden
Waals Gewest	Direction Générale Opérationnelle Agriculture, Ressources naturelles et Environnement	Besluit van de Vlaamse Regering van 19 november 2010 tot wijziging van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne wat betreft de normering van vast en tijdelijk opgestelde zendantennes voor elektromagnetische golven tussen 10 MHz en 10 GHz

Geldende standaarden voor RIC WPT

Naast de geldende regulaties bestaan er ook tal van standaarden die betrekking hebben op het RIC WPT. Deze standaarden stellen randvoorwaarden (die niet wettelijk zijn vastgelegd zijn) waaraan de RIC WPT-technologie dient te voldoen. De visie achter dergelijke standaarden is de technologie onafhankelijk te maken van de fabrikant. Meerdere fabrikanten kunnen aan een dergelijke standaard voldoen en dus producten op de markt brengen die ondanks het verschil in fabrikant compatibel zijn met elkaar.

Qi standaard (low power) WPC

De Qi-standaard is een populaire standaard van het Wireless Power Consortium (WPC) [34]. De belangrijkste karakteristieken horende bij deze standaard zijn in Tabel 14 opgenomen [1].

Tabel 14: Karakteristieken Qi-standaard (WPC)

Characteristics Qi-standard (WPC)	
Developed by	Wireless power consortium
Tx on Rx	One on One relation
Operating frequency	87 - 205 kHz
Power levels	Basic Power profile (up to 5W)
	Extended Power profile (up to 15W)
	Working on adding standards for higher power
Rx Tx communication	In band communication
Power transmission distance	Up to 10 mm
Alignment	Precise coil alignment
Operating Principle	Inductive, some resonance

Naast de Qi-standaard kent het WPC nog andere standaarden zoals de Ki cordless kitchen standaard [35].

AirFuel (low power)

Een andere populaire low power WPT-standaard is de AirFuel Alliance. Deze alliantie ontstond naar aanleiding van de samenvloeiing tussen de Alliance for Wireless Power (A4WP) en de Power Matters Alliance (PMA) in de hoop met de Qi-standaard te kunnen concurreren [36], [37]. Enkele belangrijke karakteristieken verbonden aan deze standaard kunnen in Tabel 15 worden teruggevonden [1].

Tabel 15: Karakteristieken AirFuel Alliance Wireless Power

Characteristics AirFuel Alliance Wireless Power	
Developed by	PMA en A4WP
Tx on Rx	One on Many relation possible
Operating frequency	License-free ISM band
Power levels	1 W to 20 W
	Demonstrations up to 130 W
Rx Tx communication	Bluetooth Low Energy (BLE)
Power transmission distance	Up to 40 mm
Alignment	No precise coil alignment
Operating Principle	Resonance (inductive, RF)

Standaarden hogere vermogens

De WPT-technologie kent ook standaarden voor de hogere vermogens. Een voorbeeld is de SAE J2954 [38] (een standaard voor WPT voor elektrische auto's). Dergelijke standaarden focussen zich echter op vermogens boven de 200 W en vallen dan ook buiten de scope van deze brochure.

Referentielijst

- [1] Würth Elektronik, *Trilogy of wireless power transfer*, 1st ed. Würth elektronik, 2019.
- [2] D. Kim, A. Abu-Siada, and A. Sutinjo, "State-of-the-art literature review of WPT: Current limitations and solutions on IPT," *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 154, pp. 493–502, 2018, doi: 10.1016/j.epsr.2017.09.018.
- [3] A. M. Jawad, R. Nordin, S. K. Gharghan, H. M. Jawad, and M. Ismail, "Opportunities and challenges for near-field wireless power transfer: A review," *Energies*, vol. 10, no. 7, pp. 1–28, 2017, doi: 10.3390/en10071022.
- [4] M. Molefi, E. D. Markus, and A. Abu-Mahfouz, "Wireless Power Transfer for IoT Devices-A Review," *Proc. - 2019 Int. Multidiscip. Inf. Technol. Eng. Conf. IMITEC 2019*, vol. i, 2019, doi: 10.1109/IMITEC45504.2019.9015869.
- [5] J. Huang, Y. Zhou, Z. Ning, and H. Gharavi, "Wireless Power Transfer and Energy Harvesting: Current Status and Future Prospects," *IEEE Wirel. Commun.*, vol. 26, no. 4, pp. 163–169, 2019, doi: 10.1109/MWC.2019.1800378.
- [6] O. Elektronica-ict and T. Gent, "PWO-oproep 2020-2021," vol. 2, no. i, pp. 1–18, 2021.
- [7] H. W. Pflug and H. J. Visser, *Regulations and Standards for Wireless Power Transfer Systems*. 2016.
- [8] International Telecommunication Union, "Wireless power transmission using technologies other than radio frequency beam," *ITU-R Sm.2303-2 (06/2017)*, vol. 1, pp. 1–77, 2017.
- [9] HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD VAN DE EUROPESE UNIE, "Richtlijn 2014/30/EU van het Europese parlement en de raad van 26 februari 2014 betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit (herschikking)," *Publ. van Eur. Unie*, 2014.
- [10] HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD VAN DE EUROPESE UNIE, "RICHTLIJN 2014/35/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD VAN 26 februari 2014 betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake het op de markt aanbieden van elektrisch materiaal bestemd voor gebruik binnen bepaalde spanningsgrenzen," *Publ. van Eur. Unie*, 2014.
- [11] HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD VAN DE EUROPESE UNIE, "RICHTLIJN 2014/53/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD VAN 16 april 2014 betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake het op de markt aanbieden van radioapparatuur en tot intrekking van Richtlijn 1999/5/EG," *Publ. van Eur. Unie*, 2014.
- [12] H. E. P. E. D. R. V. D. E. UNIE, "RICHTLIJN 2013/35/EU VAN HET EUROPEES PARLEMENT EN DE RAAD VAN 26 juni 2013 betreffende de minimumvoorschriften inzake gezondheid en veiligheid met betrekking tot de blootstelling van werknemers aan de risico's van fysieke agentia (elektromagnetische vel)," *Publ. van Eur. Unie*, 2013.
- [13] D. R. V. D. E. UNIE, "AANBEVELING VAN DE RAAD VAN 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz (1999/519/EG)," *Publ. van Eur. Gemeenschappen*, 1999.
- [14] EU Monitor, "Explanatory Memorandum to COM(2018)740 - Operation of the Radio

- Equipment Directive 2014/53/EU - EU monitor." https://www.eumonitor.eu/9353000/1/j4nvhd3k3hyd3q_j9vvik_7m1c3gyxp/vktfjxrs4mt8 (accessed Sep. 23, 2021).
- [15] E. Parliament and E. Council, "Commission communication in the framework of the implementation of Directive 2014/35/EU of the European Parliament and of the Council on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of electrical equipm," *Off. J. Eur. Union*, pp. 4–25, 2016, [Online]. Available: <http://eur-lex.europa.eu/Notice.do?val=751334%3Acs&lang=en&list=751334%3Acs%2C750169%3Acs%2C748802%3Acs%2C748816%3Acs%2C724883%3Acs%2C710997%3Acs%2C699379%3Acs%2C690404%3Acs%2C682079%3Acs%2C677066%3Acs%2C&pos=1&page=1&nbl=31&pgs=10&hwords=>.
- [16] H. E. P. E. D. R. V. D. E. UNIE, "Mededeling van de Commissie in het kader van de uitvoering van Richtlijn 2014/30/EU van het Europees Parlement en de Raad betreffende de harmonisatie van de wetgevingen van de lidstaten inzake elektromagnetische compatibiliteit," *Publ. van Eur. Unie*, 2016.
- [17] A. J. J. (Ed) Reiss, "Understanding and Eliminating EMI in Microcontroller Applications," *Natl. Semicond.*, 1996, doi: 10.1177/1359105306058845.
- [18] ETSI, "Wireless power transmission systems, using technologies other than radio frequency beam in the 19 - 21 kHz, 59 - 61 kHz, 79 - 90 kHz, 100 - 300 kHz, 6 765 - 6 795 kHz ranges; Harmonised Standard covering the essential requirements of article 3.2 of Direct," vol. 1, pp. 79–90, 2017.
- [19] ETSI, "TR 103 493 - V1.1.1 - System Reference document (SRdoc); Wireless Power Transmission (WPT) systems operating below 30 MHz," vol. 1, pp. 1–39, 2019, [Online]. Available: https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103400_103499/103493/01.01.01_60/tr_103493v010101p.pdf.
- [20] M. E. E. : ECONOMIE, KMO, "13 JUNI 2005. - Wet betreffende de elektronische communicatie," *Belgisch Staatsbl.*, 2005.
- [21] B. Staatsblad, F. Overheidsdienst, B. Zaken, F. Overheidsdienst, B. Zaken, and F. O. Werkgelegenheid, "Belgisch moniteur staatsblad belge," no. december 2002, 2016.
- [22] F. O. R. Limiting, E. To, and M. Fields, "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz TO 100 kHz)," *Health Phys.*, vol. 99, no. 6, pp. 818–836, 2010, doi: 10.1097/HP.0b013e3181f06c86.
- [23] G. Ziegelberger *et al.*, *Guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)*, vol. 118, no. 5. 2020.
- [24] W. H. Bailey *et al.*, *Synopsis of IEEE Std C95.1™-2019 "IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz"*, vol. 7. 2019.
- [25] D. H. Schooneveld, *Niet-bindende gids van goede praktijken voor de tenuitvoerlegging van Richtlijn 2013/35/EU Elektromagnetische velden Deel 2: Praktijkvoorbeelden*. 2013.
- [26] D. H. Schooneveld, *Niet-bindende gids van goede praktijken voor de tenuitvoerlegging van Richtlijn 2013/35/EU Elektromagnetische velden Deel 1: Praktische gids*. 2013.
- [27] N. B. N. Iso and N. B. N. Iso, "Codex over het welzijn op het werk Boek V. - Omgevingsfactoren en fysieke agentia," vol. 6, no. 1, 2019.

- [28] R. Stam, "Comparison electromagnetic fields policies on of international (power frequency and radiofrequency fields)," *Natl. Inst. fot Public Heal. Environ.*, p. 20, 2018.
- [29] COMMISSIE VAN DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN, "VERSLAG VAN DE COMMISSIE OVER DE TOEPASSING VAN DE AANBEVELING VAN DE RAAD VAN 12 JULI 1999 (1999/519/EG) BETREFFENDE DE BEPERKING VAN BLOOTSTELLING VAN DE BEVOLKING AAN ELEKTROMAGNETISCHE VELDEN (0 Hz tot 300 GHz)," *Pap. Knowl. . Towar. a Media Hist. Doc.*, 2008.
- [30] B. Staatsblad, F. Overheidsdienst, B. Zaken, S. Zekerheid, and F. O. Economie, "Ordonnantie betreffende de bescherming van het leefmilieu tegen de eventuele schadelijke effecten en hinder van niet-ioniserende stralingen," *Belgisch staats*, 2007, [Online]. Available: [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/loi_a.pl?sql=\(text+contains+\(%27%27\)\)&rech=1&language=fr&tri=dd+AS+RANK&numero=1&table_name=loi&F=&cn=2007030138&caller=image_a1&fromtab=loi&value=%22%22=&la=F&pdf_page=105&pdf_file=http://www.ejustice.just.fgov.be](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/loi_a.pl?sql=(text+contains+(%27%27))&rech=1&language=fr&tri=dd+AS+RANK&numero=1&table_name=loi&F=&cn=2007030138&caller=image_a1&fromtab=loi&value=%22%22=&la=F&pdf_page=105&pdf_file=http://www.ejustice.just.fgov.be).
- [31] B. Staatsblad, F. Overheidsdienst, B. Zaken, S. Zekerheid, and F. O. Economie, "Decreet betreffende de bescherming tegen de eventuele schadelijke effecten en de hinder van de niet-ioniserende stralingen die door stationaire zendantennes gegenereerd worden," *Belgisch Staatsbl.*, no. november 2004, 2009.
- [32] N. DE VLAAMSE MINISTER VAN JUSTITIE EN HANDHAVING, OMGEVING, ENERGIE EN TOERISME, "Ontwerp van besluit van de Vlaamse Regering tot wijziging van diverse bepalingen van het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne, wat betreft de normering van vast en tijdelijk opgeste," pp. 1-7, 2020.
- [33] Dienst Productbeleid van DG Leefmilieu and Federale Overheidsdienst Volksgezondheid Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu, "Elektromagnetische velden en gezondheid - uw wegwijzer in het elektromagnetische landschap," 2014.
- [34] "About the WPC | Wireless Power Consortium." <https://www.wirelesspowerconsortium.com/about/about-wpc> (accessed Sep. 23, 2021).
- [35] "Ki Cordless Kitchen Standard | Wireless Power Consortium." <https://www.wirelesspowerconsortium.com/kitchen/> (accessed Sep. 23, 2021).
- [36] "Wireless Power Standards: The Wireless Power Consortium (Qi) vs. the AirFuel Alliance | Würth Elektronik: Electronic & Electromechanical Components > News > Blog: World of Electronics." https://www.we-online.com/web/en/electronic_components/news_pbs/blog_pbcm/blog_detail-worldofelectronics_100415.php (accessed Sep. 23, 2021).
- [37] "Wireless Charging Standards At 6.78 MHz | AirFuel Alliance." <https://airfuel.org/wireless-charging-standards/> (accessed Sep. 23, 2021).
- [38] "J2954: Wireless Power Transfer for Light-Duty Plug-in/Electric Vehicles and Alignment Methodology - SAE International." https://www.sae.org/standards/content/j2954_202010/ (accessed Sep. 23, 2021).

2021-2022

Odisee
DE CO-HOGESCHOOL
Minnaert Ben
Peirens Kiran