

P Q A

Standardisering innen høyfrekvent / supraharmonisk støy

- Henrik Kirkeby henrik@pqa.no
- PQA AS <https://pqa.no>

IEC og CISPR

- IEC – elektroteknisk standardisering
- CISPR – beskyttelse av radiotjenester mot elektromagnetiske forstyrrelser.
- Undergrupper i CISPR
 - A - Radio-interference measurements and statistical methods
 - B - Interference relating to industrial, scientific and medical radio-frequency apparatus, to other (heavy) industrial equipment, to overhead power lines, to high voltage equipment and to electric traction
 - D - Electromagnetic disturbances related to electric/electronic equipment on vehicles and internal combustion engine powered devices
 - F - Interference relating to household appliances tools, lighting equipment and similar apparatus
 - H - Limits for the protection of radio frequencies
 - I - Electromagnetic compatibility of information technology equipment, multimedia equipment and receivers
 - S - Steering Committee

IEC og CISPR

- IEC – elektroteknisk standardisering
- CISPR – beskyttelse av radiotjenester mot elektromagnetiske forstyrrelser.
- Undergrupper i CISPR
 - A - Radio-interference measurements and statistical methods
 - B - Interference relating to industrial, scientific and medical radio-frequency apparatus, to other (heavy) industrial equipment, to overhead power lines, to high voltage equipment and to electric traction
 - D - Electromagnetic disturbances related to electric/electronic equipment on vehicles and internal combustion engine powered devices
 - F - Interference relating to household appliances tools, lighting equipment and similar apparatus
 - **H - Limits for the protection of radio frequencies**
 - I - Electromagnetic compatibility of information technology equipment, multimedia equipment and receivers
 - S - Steering Committee

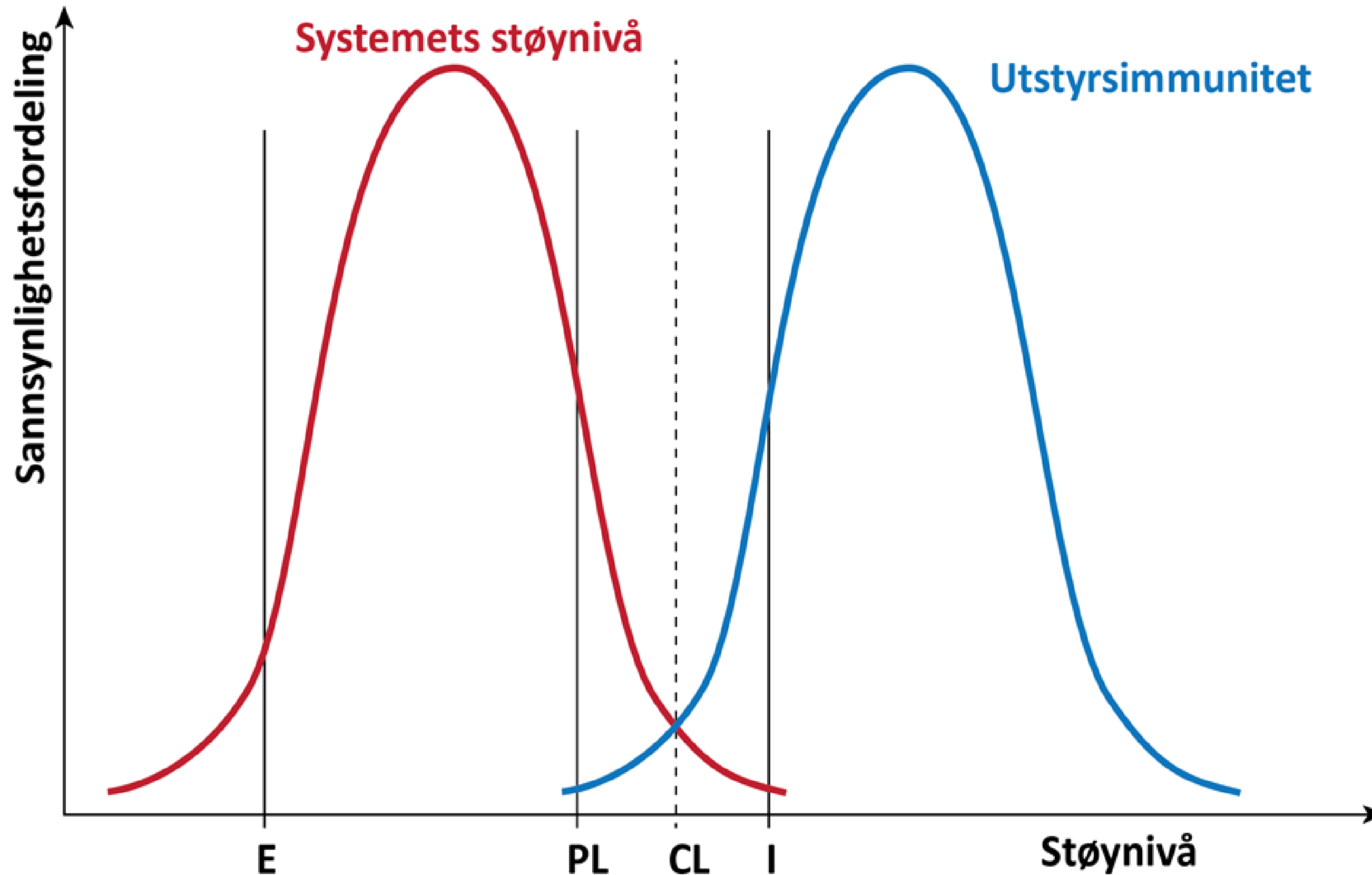
CIS/H viktigste standarder

- IEC 61000-6-3 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-3: Generic standards - Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments
- IEC 61000-6-4 - Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 6-4: Generic standards - Emission standard for industrial environments
- Alle elektriske produkter som selges i EU må overholde en av disse
- **Sørger for at elektriske produkter ikke skaper radio-interferens!**

IEC SC 77

- Gruppen i IEC som jobber med elektromagnetisk kompatibilitet
- Ansvarlig for store deler av IEC 61000 serien
 - Definerer blant annet støygrenser (emisjonsgrenser) for elektrisk utstyr
 - F.eks. harmoniske (IEC 61000-3-2 og IEC 61000-3-12)
 - Spenningsendringer og flimmer (IEC 61000-3-3 og IEC 61000-3-11)
 - Osv.

Emisjonsgrenser (E)? Immunitetsgrenser (I)? Kompatibilitetsgrenser (CL)?



Hva er det som har manglet?

- SC 77 A har sett på støy opp til 2 kHz (dc til 40. / 50. harmoniske)
- CIS/H har sett på støy fra 150 kHz og oppover (radiostøy)
- Mellom (2 – 150 kHz): Ingen krav!
 - Ikke helt sant, for det har vært noen krav, blant annet til belysningsutstyr og induksjonstopper, som det har vært kjent at skaper støy på disse frekvensene
 - I noen land benytter man også power line communication (PLC), som også ligger i dette frekvensbåndet. Her er det bla. krav til makssignal
- Dette ble et problem når nesten alt av moderne kraftelektronikk skaper støy på disse frekvensene

Hva skjer i frekvensbåndet 2-150 kHz?

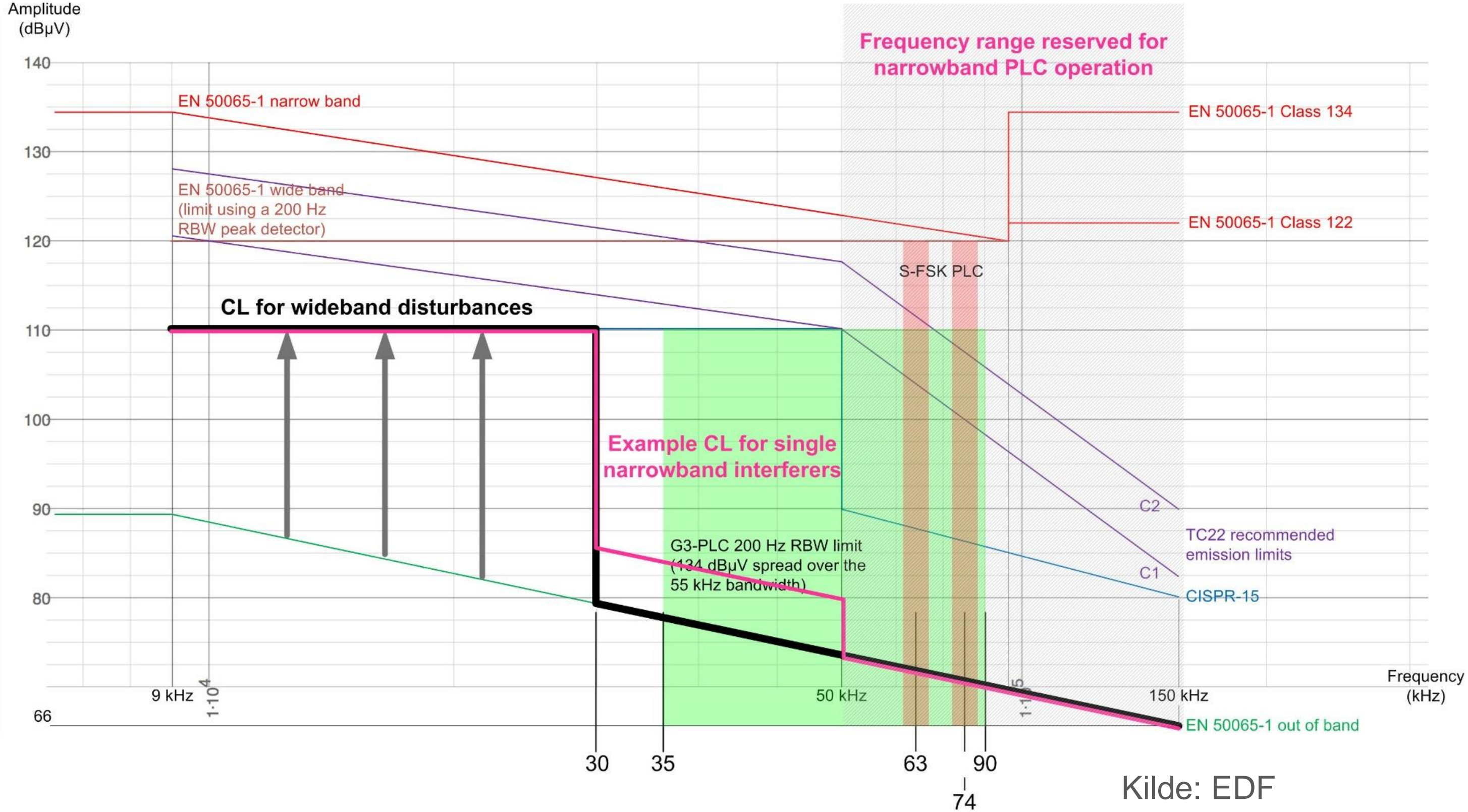
- Støy fra svitsjing av kraftelektronikk
 - Støy på svitsjefrekvensen og $n \cdot$ denne (f.eks. 4 kHz, $4 \cdot 2 = 8$ kHz, 12, 16, osv.)
- Typiske svitsjefrekvenser:
 - Elbil: 5-20 kHz
 - PV-anlegg: 5-20 kHz
 - Forbrukselektronikk: 10 kHz og oppover
 - Større industriapplikasjoner: normalt lavere, rundt 5 kHz (?)
- Støy fra belysningsutstyr (avhengig av type) og induksjonstopper
- PLC fra nettselskap
 - Bredbånd
 - Smalbånd

Observerte interferenstilfeller

- Beskrevet i en lang rekke artikler og publikasjoner
 - Deriblant CENELEC 2015 study report on EMI (ed 1, 2 og 3)
- «Mystiske» problemer det kan være vanskelig å feilsøke
- Behov for å definere både hvor mye støy som er:
 - Akseptabelt å ha i nettet (kompatibilitetsgrenser),
 - ulikt utstyr for forårsake (emisjonsgrenser),
 - og ulikt utstyr skal tåle (immunitetsgrenser).



Grenser i standarder som eksisterte i forkant



dBuV?

- dBuV er desibel mikrovolt
 - En logaritmisk skala, akkurat som lydskalaen
 - Mer praktisk skala når forskjellen mellom spenningssignalene blir store
- Omregningsmetode og tabell
 - https://www.dipolnet.com/conversion_table_-_dbuv_to_uv-mv_bib04.htm

Konsensus – viktig begrep i standardisering

- Innholdet i disse standardene påvirker:
 - Produsenter av utstyr
 - Brukere av kommunikasjonsutstyr – TV / radio / mobiltelefoni / forsvar
 - Nettselskap / systemoperatører
 - Sluttbrukere (representert via forbruker-/interesseorganisasjoner)
- Alle bør delta for å lage spillereglene som berører dem
 - «Bonus»deltagere: Akademia, myndigheter og reguleringsorganer
- Partene har motstridende interesser – nødvendig med kompromisser

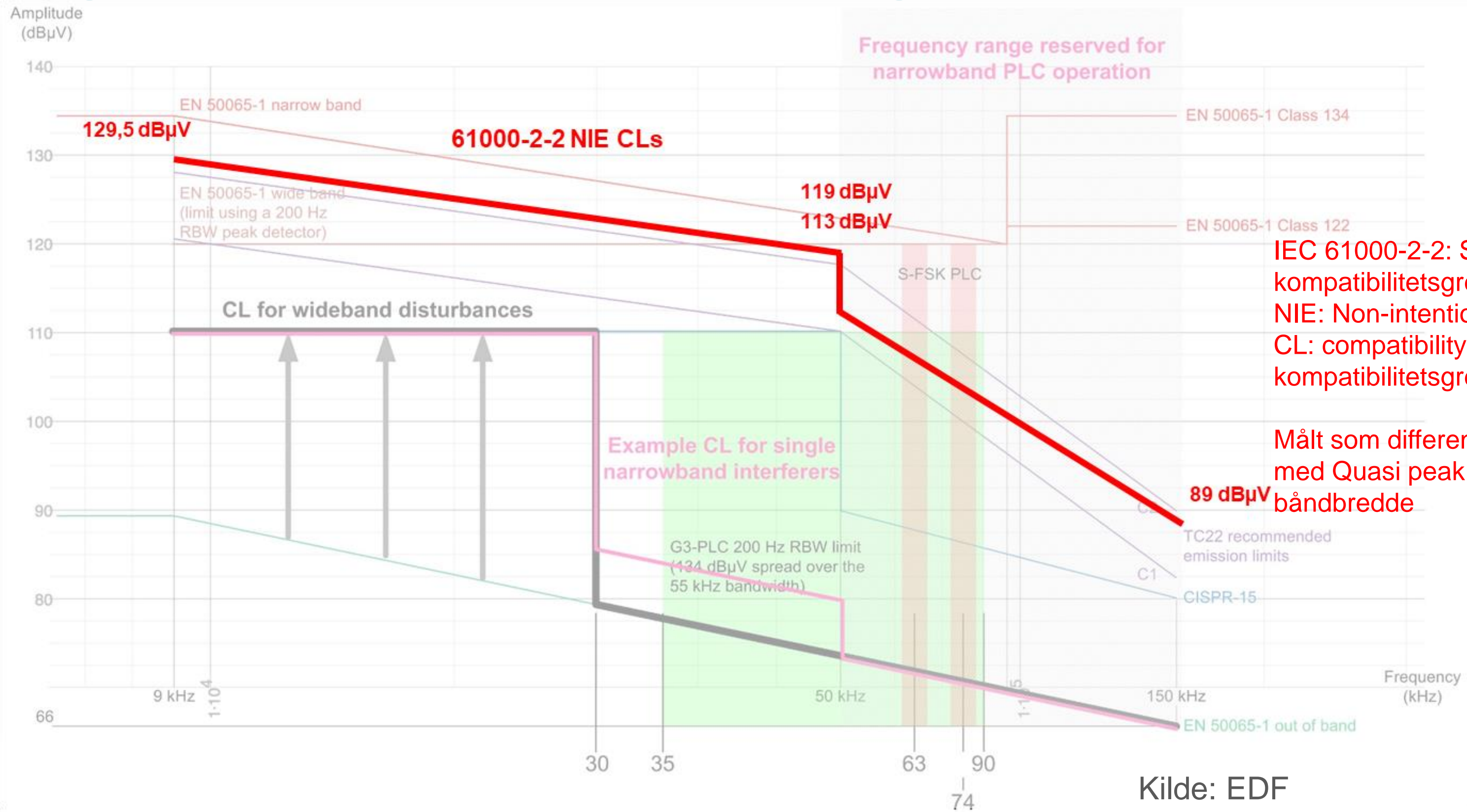
Konsensus – viktig begrep i standardisering

- I tilfelle krav til supraharmatisk støy:
 - Forbrukere vil ha (billig) utstyr som fungerer – **ingen interferens**
 - Nettselskap vil ha **lave støynivåer i nettet sitt**
 - Kommunikasjonsutstørsbrukere vil ha problemfri drift – **lave støynivåer**
 - Produsenter vil lage billig utstyr **uten for mange / for strenge krav**
- Hva betyr strengere krav til støy fra utstyr?
 - Nødvendig med mer filtrering -> utstyr blir større, dyrere, og får dårligere virkningsgrad
- Hva betyr høyere tillatte støynivåer?
 - Større sannsynlighet for interferens

Det tok 7 år (!) å bli enige om nye kompatibilitetsgrenser!

- Viktigste motstandere:
 - Nettselskaper som benytter PLC. Disse er bekymret at om det er for mye støy på frekvensene som benyttes til PLC, så vil ikke PLC fungere lenger. Signalnivået for PLC må være en viss margin høyere enn støynivået i nettet, for at det skal være mulig å overføre data
 - Utstysprodusenter, som vil ha så høye som mulige kompatibilitetsgrenser, så utstyret ikke blir for dyrt og upraktisk. Strengere krav til kompatibilitetsnivå i nettet betyr strengere emisjonsgrenser, og dermed at utstyr må ha mer filtrering. Dette betyr flere, større, og dyrere komponenter internt i utstyret.
- Disse måtte til slutte kompromisse til et nivå, etter at store deler av IEC var blitt blandet inn, og IECs styre hadde involvert seg direkte

Enige om nye kompatibilitetsgrenser



IEC 61000-2-2: Standard for kompatibilitetsgrenser
 NIE: Non-intentional emission
 CL: compatibility level / kompatibilitetsgrenser

Målt som differential mode signaler, med Quasi peak detektor og 200 Hz båndbredde

Differential mode? Quasi Peak? Båndbredde?

- Differential mode vs Common mode
 - Differential mode: signaler mellom fase og nøytral, eller fase-fase
 - Common mode: Signaler mellom alle faser (eller nøytral) og jord
 - Vi måler normalt differential mode i spenningskvalitetsverdenen!
- Qpk vs Pk vs Avg
 - Peak: Høyeste signal som er målt over måleperioden
 - Avg: Gjennomsnitt over f.eks. 1 minutt
 - Quasi Peak: Mellomting mellom avg og peak.
- 200 Hz bandwidth (båndbredde)
 - Bredden på frekvensvinduet som sammenfattes til én verdi.
 - Bredere vindu (f.eks. 2 kHz) betyr at man tar støy fra et bredere frekvensspekter inn i samme verdi.
 - Måleresultatet blir da større, og mindre nøyaktig (men det kreves mindre nøyaktig utstyr)
- Tidligere diskutert: Forskjell mellom dBuV vs V

Nye emisjonsgrenser også?

- Hva blir emisjonsgrensene?
 - Normalt benyttes en sammenlagningsfaktor for å ta hensyn til hva summen av støy fra flere apparater blir
 - Det antas at støy fra enkeltapparater til sammen forårsaker 3 dB høyere verdier enn hvert enkelt apparat
 - Emisjonsgrensene må altså være (minst) 3 dB strengere enn kompatibilitetsgrensene
- Grenseverdier stilles ofte som common mode
 - Grenseverdier for common mode er normalt dobbelt så strenge
 - Grenseverdier for common mode må altså reduseres med 6 dB
- De nye emisjonsgrensene i IEC 61000-6-3 for støy mellom 2 og 150 kHz blir *minst* 9 dB strengere enn kompatibilitetsgrensene

Hva betyr det at det nå finnes kompatibilitetsgrenser?

- Lettere å «peke på synderen» i interferenscase
 - Til nå: For mye støy, eller for dårlige apparater?
- Interferens, men målt støynivåene er under kompatibilitetsgrensene?
 - Utstyret burde tålt dette -> Klagesak til produsent
- Interferens, og støynivåene er over kompatibilitetsgrensene?
 - For lite filtrering på apparatet som forårsaker støyen -> utbedringspliktig
 - Klagesak til produsent eller installere filtrering i etterkant (normalt et billig alternativ)

Men hvordan måler man?

- Krav til måling av kompatibilitetsgrenser:
 - dBuV, differential mode, 200 Hz bandwidth, Qpk
- A-Eberle PQ Box 300: måler mV, differential mode, **2 kHz bandwidth, Avg-verider**
- PSL PQube 3: måler dBuV og V, differential mode, **2 kHz bandwidth, Avg and Pk**
 - Måler ikke hele kurveformen (?)
- Altså: Måleresultatene blir indikative
 - Blir som å sammenligne 10 minuttverdier med 1-minuttskravene i FoL
 - 2 kHz båndbredde, heller enn 200 Hz, gjør at måleresultatene blir *for strenge*
 - Avg verdier, heller enn Qpk verdier, gjør at måleverdiene blir *for snille*
 - Målestandarden IEC 61000-4-30 har ikke «krav» om hvordan supraharmoniske skal måles, bare anbefalinger

Nye grenser for emisjon og immunitet

- Emisjonsgrenser kommer tidligst 2020
- Immunitetsgrenser etter dette
- Det jobbes med dette i gruppen CIS/H/JWG-6
 - PQA med sammen med Siemens, Scheider, Miele, EDF, Daikin, Fronius, m.f.
 - Ligger an til å bli samme type krangling her som gjorde at det tok 7 år å finne konsensus på kompatibilitetsgrensene

Case: Interferens mellom RTU og frekvensomformer

- Utbygger av nettstasjoner finner ut at viften i nettstasjonen (forsynt av en frekvensomformer) gjør at kommunikasjon mot nettstasjons-RTUen ikke fungerer
 - Interferensproblemene forsvinner i det viften skrues av
- Utbygger ser at sikkerhetsbryteren til viften ikke er EMC-sertifisert – denne står i enkelte tilfeller nærme RTU-skapet
- Kommunikasjon med RTUen er over ethernet, heller enn fiber

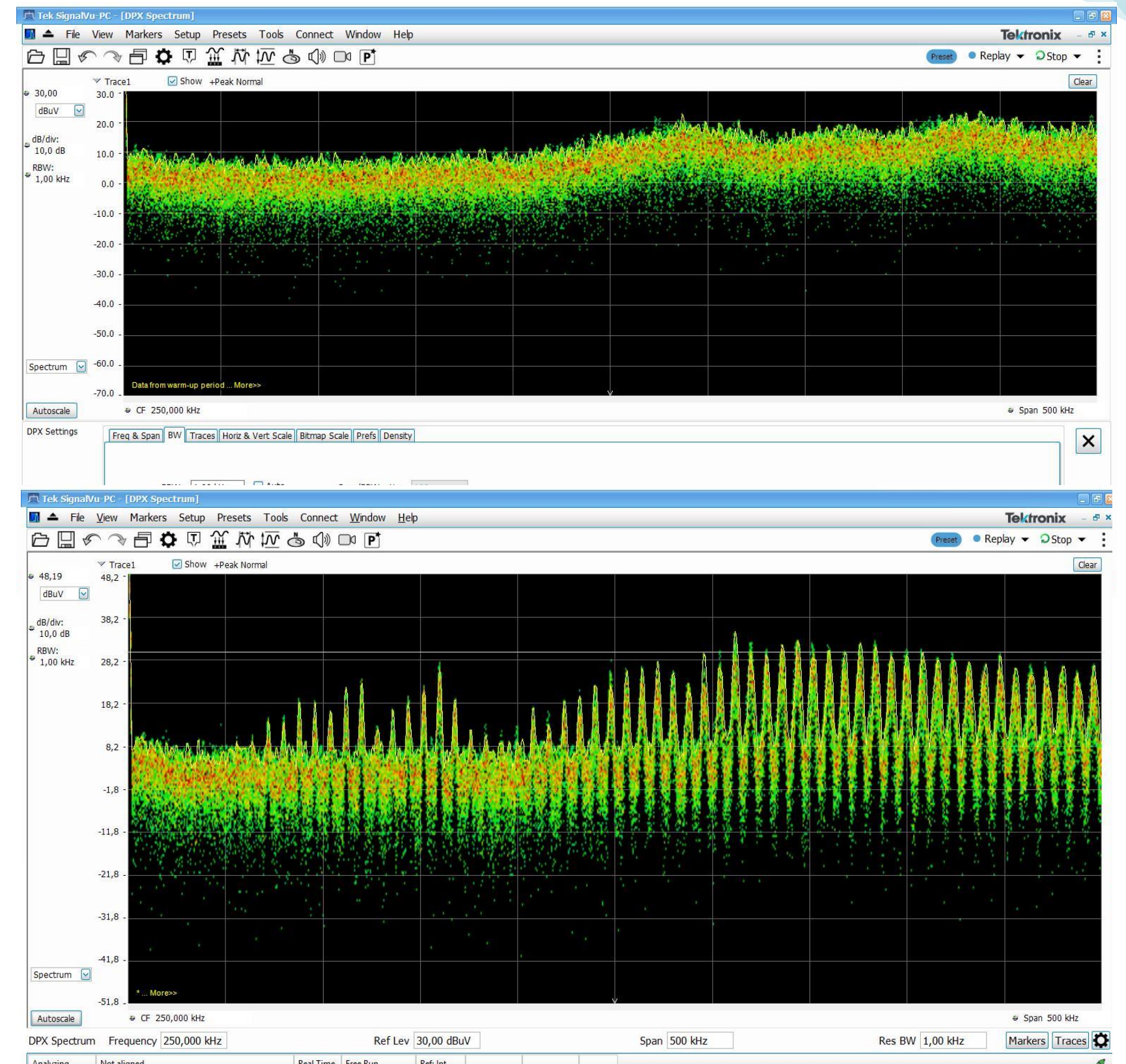
PQA gjør målinger

- Ledningsbundet støy: A-Eberle PQ Box 300
 - Målt i forsyningen til viften
- Strålt støy: Tektronix RSA 306B
 - Målt ved sikkerhetsbryter, frekvensomformerskap, ved RTU, og i midten av rommet



Måleresultater

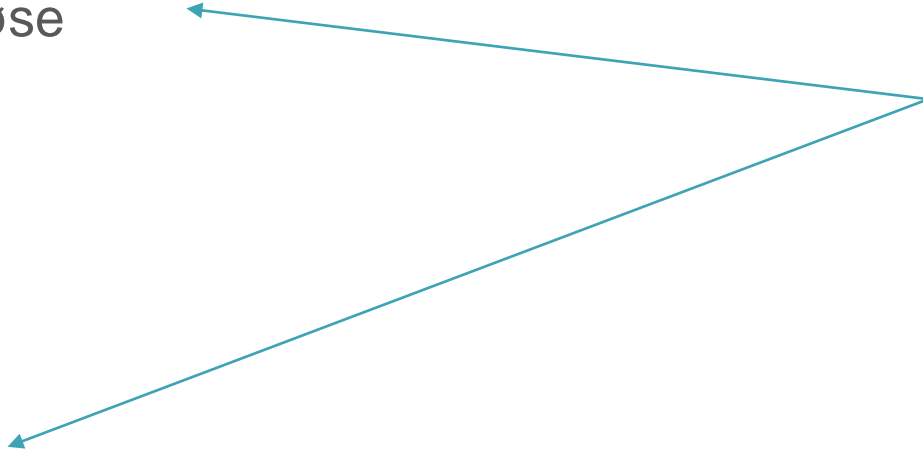
- Spenningskvalitet godt innenfor kravene i FoL
- Tydelig innslag av strålt støy for frekvenser mellom 70 – 700 kHz
 - Forsvinner når viften er av
 - Måler samme frekvenser i ledningene
- Hva er problemet? Ledningsbundet støy som skaper strålt støy, eller motsatt?



Mulige løsninger

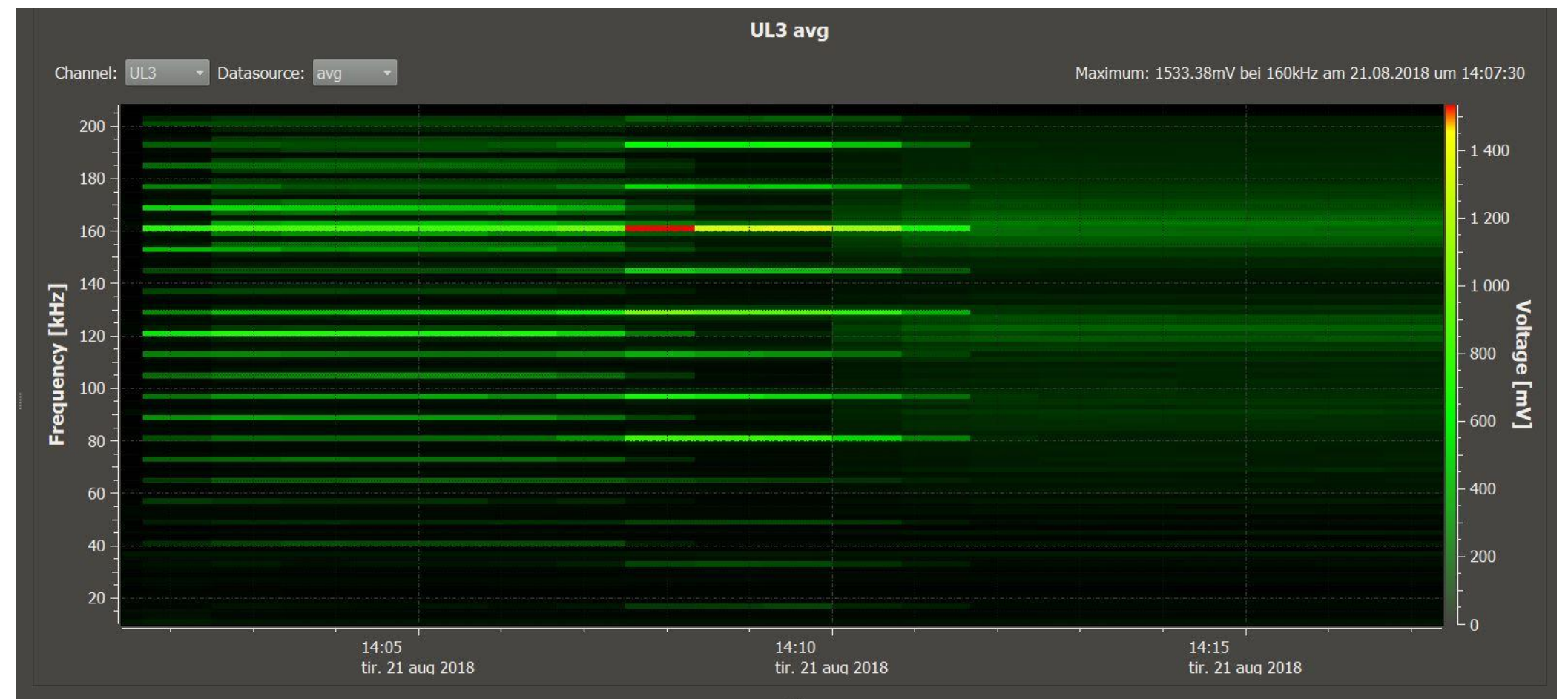
- Problemet er åpenbart ledningsbundet støy
 - Det kommer fram at leverandørene ikke har levert filter til omformerne
 - Leverandøren foreslår å etterinstallere drossler for å løse problemet
- I praksis en stor jobb – det er snakk om mange nettstasjoner
 - Utbygger lurer også på om de skal installere nye sikkerhetsbrytere som er EMC-sertifisert

Dyrt og vil ikke løse problemet. PQA foreslår heller EMC-filter



Alternative løsninger

- Mulig å endre innstillinger i frekvensomformer?
 - Kan endre viftefrekvens (0-50 Hz)..
 - .. og svitsjefrekvens i omformereren (2, 4, 8, 16 kHz)
- Virkning av sistnevnte →
 - T.v.: 8 kHz (base case)
 - I midten: 16 kHz (3x så mye støy!)
 - T.h.: 4 kHz (3x så LITE støy!)



Forskriftsbrudd med svitsjefrekvens på 8 kHz?

- Ca. 300-500 mV ved bla. 150 kHz
 - Tilsvarende 114 dBuV
- Kompatibilitetsgrense ved 150 kHz er 89 dBuV
- Forskjellen er 25 dBuV, eller over 10 ganger så stort
- Målemetode er mer enn nøyaktig nok til å vise at dette er for høyt -> leverandørens ansvar!

Foreslått løsning fra PQA

- Endre svitsjefrekvens til 4 eller 2 kHz, og eller installere EMC-filter
 - Bør også vurdere å flytte kabling til RTU vekk fra annen ledningsføring
- Valgt løsning: installere drossel (test i en stasjon) og ny svitsj til RTU
 - Virkning av drosselen dokumentert etter oppfølgingsmåling
- Senere endret svitsjefrekvens i tillegg til å installere ny svitsj
 - Løste problemet
 - Utbygger unngikk kostbare og unødvendige tiltak, og fikk ferdigstilt til tiden

← **Ingenting**



P Q A

T a k k f o r
o p p m e r k s o m h e t e n

Bonusslide: Personer i en komite

- Leder (chair)
- Gruppeledere (convenor og co-convenor)
- Sekretær (secretary)
- Representanter fra:
 - **Interessenter (stakeholders) – sluttbrukere, nettselskap, produsenter, osv.**
 - Representanter fra IEC / nasjonale komiteer
 - Andre TCer (liaisons) – Skal minne om relevant info og behov hos andre parter

Andre viktige standarder fra CISPR

- **CIS/F**

- CISPR 14 - Electromagnetic compatibility - Requirements for household appliances, electric tools and similar apparatus
 - Part 1: Emission
 - Part 2: Immunity - Product family standard
- CISPR 15 - Limits and methods of measurement of radio disturbance characteristics of electrical lighting and similar equipment

- **CIS/A**

- CISPR 16 - Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods (in multiple parts and sub parts)