



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Byggematerialers indflydelse på indendørs mobildækning**

Wittchen, Kim Bjarne

*Published in:*  
Indendørs Mobildækning

*Publication date:*  
2016

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

*Citation for published version (APA):*  
Wittchen, K. B. (2016). Byggematerialers indflydelse på indendørs mobildækning. I *Indendørs Mobildækning* Energistyrelsen.  
[https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Tele/notat\\_byggematerialer\\_indflydelse\\_indendoers\\_mobildaekning.pdf](https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Tele/notat_byggematerialer_indflydelse_indendoers_mobildaekning.pdf)

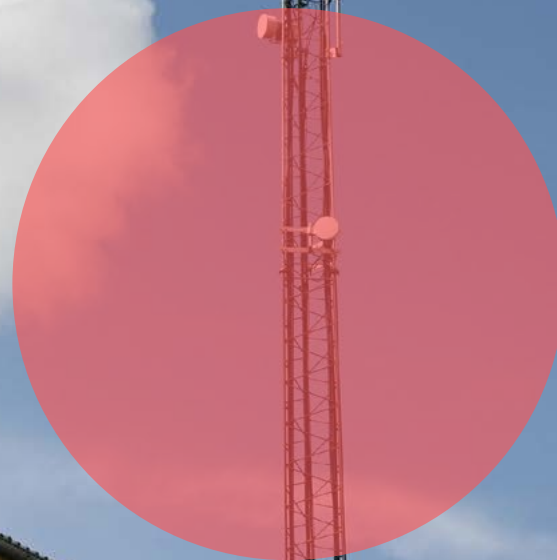
### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



# Indendørs Mobildækning

# Indledning

Hovedparten af al mobilkommunikation foregår i dag indendørs. Ifølge en rapport fra den britiske teleregulator Ofcom foregår 80 pct. af al brug af mobiltelefoner indendørs, og tallet forventes at stige til over 90 pct. Samtidig er der stadig flere, både virksomheder og private, der går helt over til mobiltelefoni.

Langt det meste af dækningen med mobiltelefoni indendørs stammer i dag fra det overordnede mobilnet, d.v.s. fra de master og antenner, som teleselskaberne opsætter i det fri.

Nye bygninger opføres i dag efter moderne, energieffektive standarder. Også mange ældre bygninger energirenoveres, hvilket bl.a. betyder, at der opsættes energibesparende vinduer. De energieffektive materialer i vægge og vinduer betyder imidlertid, at radiobølger fra det overordnede mobilnet får sværere ved at trænge ind i bygningerne.

Energieffektive bygninger kan således føre til dårlig indendørs mobildækning. Derfor er det vigtigt at medtænke indendørs mobildækning, når man planlægger nybyggeri eller større renoveringer.

Som opfølgning på aftalen om vækstplanen for digitalisering i Danmark har en arbejdsgruppe bestående af repræsentanter for byggeriet og telebranchen udarbejdet denne vejledning.

Vejledningen er rettet mod dem, som professionelt beskæftiger sig med byggeri og indendørs mobildækning, d.v.s. arkitekter, bygningsingeniører, installatører m.v.

Vejledningen har til formål at rette opmærksomheden på problemerne med indendørs mobildækning og en række forskellige løsningsmuligheder – den er ikke tænkt som det endelige svar, men snarere som en opregning af en række spørgsmål, man bør have med i sine overvejelser, når man planlægger et nybyggeri eller en større ombygning.

# Radiosignalers dæmpning ved byggematerialer

Dækningen fra det overordnede mobilnet i en given bygning afhænger af, hvor meget signalet dæmpes af vægge og vinduer. Dæmpningen af radiosignalet afhænger af flere faktorer såsom materialetype (beton, mursten, træ, gips, glas, metal), materialetykkelse, radiosignalets indfaldsvinkel til huset m.v.



*Figur 1. Mobilsignalerne dæmpes, når de passerer gennem vægge og vinduer.*

Moderne huse er energieffektive – de er bygget til at holde varmen inde. Dette betyder desværre også, at radiosignaler holdes ude med forringet indendørs mobildækning til følge. Det er først og fremmest indførelsen af energibesparende vinduer, der fører til en stor forværring af den indendørs mobildækning fra det overordnede mobilnet.

En oversigt over dæmpningen af radiosignalerne i forskellige byggematerialer kan findes i det notat fra Statens Byggeforskningsinstitut, som der er henvist til sidst i vejledningen.

# Radiosignalers dæmpning ved byggematerialer

I huse med traditionelle vinduer er det særligt gennem vinduerne, at radiosignaler kan nå ind i bygningen. Hvis vinduerne skiftes ud med energibesparende vinduer, vil signalerne primært skulle gennem væggene.

Lavenergivinduerne har et varmetab, der er ca. 25 pct. af varmetabet gennem en traditionel tolags termorude (uden metal-belægninger), og det er derfor usandsynligt, at brugen af denne type ruder vil blive reduceret med henblik på at forbedre den inden-dørs mobildækning.

Der forskes i dag i vinduestyper, som reducerer dæmpningen af radiosignaler uden væsentligt at forringe isoleringsevnen. En anden mulighed vil være at etablere åbninger i en bygnings klimaskærm, hvor radiobølger kan trænge igennem og skabe den fornødne indendørs dækning. Også dette kræver dog yderligere forskning og udvikling.

# Mobiltekniske løsninger

Da mobiltelefoni blev indført, blev det især benyttet til tale, og dækningen var primært beregnet til udendørs brug fastmonteret i biler. I dag benyttes mobiltelefonen over alt, både udendørs og indendørs, og den benyttes både til tale og til datatjenester. Denne ændrede adfærd stiller andre krav til mobildækning.

Eksempelvis kan der i et givent område være god dækning for tale, men ikke for datatjenester med høje hastigheder, mens problemstillingen et andet sted kan være den omvendte.

Mobilselskaberne udbygger løbende deres mobilnetværk ved at opsætte maste- og antennepositioner over alt i landet. Mobilsignalet dæmpes, når det skal trænge udefra og ind i bygninger. Der findes dog en række muligheder for lokalt at forbedre den indendørs mobildækning, hvis bygningsejer vurderer, at der er behov for det. De forskellige løsningsmuligheder gennemgås i det følgende.

# Mobiltekniske løsninger

## Small cells

Small cells (også kendt som femtoceller eller pico cells) er et apparat, som kobles til en bredbåndsforbindelse eller det mobile transmissionsnetværk og dermed skaber indendørs mobildækning med tale og mobilt bredbånd i en husstand eller på et mindre kontor. Small cells anvender mobilsekskabernes radiofrekvenser og skal anvendes efter aftale med dem.

Nogle af mobilsekskaberne markedsfører i dag small cells, foreløbig primært til erhvervsbrug.



*Figur 2. Small cells kan tilsluttes til fastnet bredbånd eller det mobile transmissionsnetværk og udsender mobilsignaler indendørs.*

# Mobiltekniske løsninger

## Signalforstærkere

En signalforstærker (også kaldet "repeater") er et apparat, som opfanger et radiosignal og forstærker dette.

En signalforstærker, evt. forbundet til en udendørs antenne, kan skabe bedre dækning i bygninger med dårlig dækning indendørs.

En signalforstærker må imidlertid kun anvendes efter aftale med mobilsekskaberne for at sikre, at den ikke forringer dækningen for andre i området eller forstyrrer mobilsekskabernes anlæg.

I Danmark er det mobilsekskaberne, som har tilladelse til at anvende de radiofrekvenser, som er afsat til mobiltelefoni.

Hvis man anvender frekvenserne uden, at man har en tilladelse, vil det være en overtrædelse af de gældende regler, som vil kunne straffes med bøde.



*Figur 3. Signalforstærkeren modtager mobilsignalet, forstærker det og udsender det igen indendørs.*



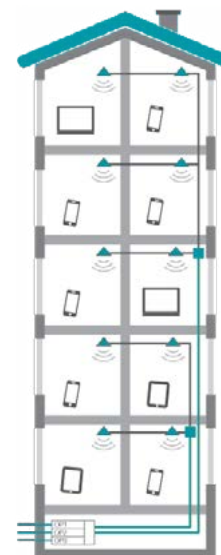
# Mobiltekniske løsninger

## Distribuerede antennesystemer (DAS)

Et distribueret antennesystem (DAS) består af antenner og kabler rundt omkring i bygningen koblet til en signalkilde som f.eks. en base-station. DAS anvendes til at skabe både den nødvendige dækning og tilstrækkelig kapacitet til at servicere brugerne i bygningen.

Ved større nybyggerier anbefales det i planlægningsfasen at overveje, om der skal etableres et DAS. I givet fald kan anlægget medtænkes i planlægningen, og man kan søge tilsagn fra en eller flere operatører om tilslutning af radioteknisk udstyr til anlægget. Man kan enten vælge en løsning, som er knyttet til én mobiloperatør eller en løsning, som skaber dækning for alle operatører.

DAS bruges for eksempel i store bygninger, indkøbscentre, stadioner, tunneler og undergrundsbaner. DAS anvendes for tiden i mindre grad i boligblokke, fordi det er en forholdsvis dyr løsning, særligt hvis den skal eftermonteres i bestående bygninger.



Figur 4. DAS skaber indendørs dækning i store bygninger.

# Mobiltekniske løsninger

## Distribuerede antennesystemer (DAS)

Også selvom man ikke umiddelbart vurderer, at der er behov for et DAS fra starten, vil det ofte være en god idé at etablere de nødvendige føringsveje i form af tomrør el.lign., når en ny bygning opføres.

Fra 1. juli 2016 er det krav, at nyopførte bygninger og bygninger, der gennemgår større renovering, er udstyret med bygningsintern fysisk infrastruktur, dvs. kabelkanaler m.v., der kan anvendes til højhastighedsbredbånd.

Kravet vil omfatte nyopførelse og større renoveringsarbejder, som der er ansøgt om byggetilladelse til efter 31. december 2016. Disse krav følger af EU's infrastrukturdirektiv, som i Danmark er implementeret ved en ændring af graveloven.

# Mobiltekniske løsninger

## WiFi

WiFi er navnet på den teknologi, der typisk anvendes til trådløse datanet. WiFi er primært beregnet til indendørs brug. I sin enkleste form består et WiFi-net af en trådløs router, der er koblet til en internetforbindelse og giver de forskellige apparater som mobiltelefoner, PC'er og tablets adgang hertil. WiFi er meget udbredt i boliger, på kontorer og på mange offentlige steder som uddannelsesinstitutioner, biblioteker, caféer m.v.

Internetforbindelsen kan enten leveres over bredbånd via fastnet eller over mobilt bredbånd. Hvis man benytter en router med SIM-kort til at få adgang til mobilt bredbånd, kan man anvende en ekstern, retningsbestemt antenne til at forbedre dækningen. Antennen placeres højt og gerne med frit udsyn til den nærmeste basestation. Signalet fordeles indendørs via WiFi.

De fleste nyere mobiltelefoner kan koble sig på et WiFi-net og benytte dette til datakommunikation. WiFi er som udgangspunkt ikke beregnet til taleopkald fra mobiltelefonen, selvom det kan benyttes til tjenester som Skype, Facetime m.v. Der arbejdes dog på at gøre det muligt at benytte WiFi også til almindelig taletelefoni, såkaldt WiFi calling eller Voice over WiFi. Hvis dette bliver udbredt, kan det medvirke til at løse problemerne med dårlig indendørs mobildækning.



*Figur 5. En WiFi-router tilsluttes til internetforbindelsen, enten fastnet eller mobilt bredbånd. Routeren skaber dækning med trådløst internet indendørs.*

# Hvordan kommer jeg i gang?

Inden man vælger en løsning til at skabe indendørs mobildækning, skal man gøre sig klart, hvad man har brug for. Hvilken type bygning er det, som skal dækkes? Hvor mange brugere forventes der? Hvilke tjenester vil blive brugt? Hvordan er bygningen opført?

Ved nybyggeri anbefales det at medtænke den indendørs mobildækning allerede i planlægningsfasen. I den forbindelse er det vigtigt, at:

- de forskellige trådløse systemer planlægges så tidligt i projektforsløbet som muligt og integreres i bygningen.
- de planlagte systemer i deres design og egenskaber lettest og bedst muligt kan opfylde nuværende - og ved mindst mulig modifikation / opdatering / opgradering - også kan dække de fremtidige bygherrekraft til trådløs dækning.
- koordinationen forløber gennem alle byggeprojektets faser.
- forskellige leverandører af trådløs radiodækning koordinerer indbyrdes mht. systemer, komponent- og kabelplaceringer.
- forskellige leverandører af trådløs radiodækning sikrer sameksistens med alle trådløse systemer – også systemer, der ikke kræver infrastruktur (kortrækkende systemer).

Det må forventes, at stadig flere apparater og bygningselementer som f.eks. varme- og ventilationsystemer, forbrugsmålere m.v. kobles på internettet og har brug for adgang til trådløs kommunikation. Det er derfor vigtigt at sikre, at der er dækning med den rette trådløse teknologi der, hvor sådanne apparater kan forventes installeret.

Valget af indendørs løsning afhænger naturligvis også af pris og økonomisk formåen. Det er endvidere en god idé at kontrollere mobildækningen i lokalområdet. På [mastedatabasen.dk](http://mastedatabasen.dk) kan man se, hvor mobiloperatørerne har antenner i lokalområdet. På [tjekditnet.dk](http://tjekditnet.dk) kan man se den forventede aktuelle mobildækning på den enkelte adresse. Man skal dog være opmærksom på, at mobildækningen hele tiden udvikler sig i takt med, at mobilnettet udbygges.

# Hvordan kommer jeg i gang?

I nedenstående tabel kan det ses, hvilke typer af løsningen, der ud fra en teknisk betragtning kan være relevante for forskellige typer af byggeri.

Tabellen er meget forenklet og tager f.eks. ikke højde for faktorer som bygningens placering i forhold til det overordnede mobilnet, hvorledes bygningen er opført, økonomiske forhold eller de frekvensbånd, som anvendes i området.

	Boliger (én-familiehus, enkelt lejlighed)	Små kontorer	Store kontorer	Indkøbscentre
Signalforstærker	X	X		
Small cells	X	X		
DAS			X	X
WiFi	X	X	X	X

## Dialog med operatørerne ved større tekniske løsninger

For at sikre bedre indendørs mobildækning i moderne bygninger tilbyder teleudbydere, at entreprenører og rådgivere kan kontakte dem for at starte en dialog om behov og mulige løsninger for et givet indendørs anlæg.

Mobilselskaberne ønsker involvering og dialog så tidligt som muligt i projekteringsstadiet for at sikre løsninger, der tilgodeser alle hensyn. Det anbefales derfor, at man kontakter et eller flere mobilselskaber tidligt i planlægningen. Kontakten kan evt. gå gennem brancheorganisationen Teleindustrien ([post@teleindu.dk](mailto:post@teleindu.dk)).

# Referencer

Ofcom 2013: "Options for improving In-Building Mobile Coverage".

Ofcom 2015: "Building Materials and Propagation".

PTS 2015: "Inomhustäckning - sammanställning av lösningar".

Kommunikationsministeriet (Finland), 2013: "Mobile network reception problems in low energy buildings".

Statens Byggeforskningsinstitut, 2016: " Byggematerialers indflydelse på indendørs mobildækning"

Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2014/61/EU af 15. maj 2014 om foranstaltninger for at reducere omkostningerne ved etablering af højhastighedsnet til elektronisk kommunikation (infrastrukturdirektivet).

Lov om ændring af lov om graveadgang og ekspropriation m.v. til telekommunikationsformål, lov om elektroniske kommunikationsnet og -tjenester og konkurrenceloven.