

# Spektrumeffektivitet för FM-radio i förhållande till digitalradio (T-DAB)

## FM-radio

FM-modulerad rundradioutsändning är standardiserad för frekvensbandet 87.5-108 MHz, dvs. maximalt 20,5 MHz kan användas för FM-radio. Inom bandet kan FM-kanaler tilldelas med mittfrekvenser som är multiplar av 100 kHz, dvs. 87,6 MHz, 87,7 MHz, 87,8 MHz osv.

I FM kan geografiskt närliggande sändare inte använda samma frekvens p.g.a. störningsproblematik. Exempelvis så används frekvensen 99,3 MHz för att sända ut SR P3 från Stockholm vilket då hindrar bruk av 99,3 MHz i t.ex. Uppsala, Norrköping och Västerås.

Minsta teoretiska kanalseparation, frekvensavståndet mellan två geografiskt närliggande radiosändare, är 200 kHz. För sändare med gemensamt eller överlappande täckningsområde krävs i praktiska fall en kanalseparation på 400 kHz och för övriga sändare kan en kanalseparation på 200 kHz användas. Exempelvis kan 105,3 MHz kanske användas i Uppsala även om 105,1 MHz och 105,5 MHz används i Stockholm. Förutsättningen för att använda 200 kHz vid planering är att den utsända effekten från de båda sändarna är så pass låg att täckningsområdena inte i nämnvärd omfattning överlappar varandra.

Ett annat sätt att uttrycka det är att antalet program i FM är beroende av det s.k. återupprepningsavståndet, att FM-sändare med samma och närliggande frekvens geografiskt måste separeras för att inte störa varandra. Störningar uppstår i mottagaren då den nås av signaler från radiosändare som använder samma eller närliggande kanaler. Enklare modeller av mottagare får i större omfattning svårigheter att ta emot den nyttiga radiosignalen om övriga kanaler läggs för tätt. En väl avvägd kanalseparation tar därför hänsyn till att mottagning ska vara möjligt även med enklare modeller av mottagare.

Andra faktorer som påverkar frekvensåtgången för FM är graden av homogenitet i sändarnätet, dvs. sändarnas beskaffenhet t.ex. i form av hög eller låg utsänd effekt och sändarnas geografiska placering. I teorin ges bästa nyttjande av frekvensutrymme om alla sändare i nätet sänder på samma effekt, använder rundstrålande antenner uppsatta på samma antennhöjd och står placerade i ett reguljärt mönster där inbördes avstånd är identiska. Något som i praktiken kan uteslutas.

För rikstäckande sändningar där krav finns på sammanhängande täckning så krävs det teoretiskt en minsta frekvensåtgång på  $0,7 + n * 2,1$  MHz, där  $n$  är antalet nationella program. Beroende på geografiska förutsättningar, som skiljer sig åt från land till land, så krävs i praktiken ett frekvensutrymme på c:a 2,2 - 3,3 MHz per nationellt program.

Om man jämför detta med den svenska kanalplanen inom delbandet 87,5-104 MHz, totalt 16,5 MHz, så finns det frekvenstilldelningar för att det över hela landet skall ges utrymme åt fyra stycken nationella program (sändningar med hög effekt från Sveriges Radio) samt åtminstone ett lokalt program (motsvarande sändningar med lägre effekt från närradion). Det ger en frekvensåtgång per FM-kanal som är  $16,5/5 = 3,3$  MHz.

Delbandet 104-108 MHz används i Sverige i huvudsak för att ge utrymme åt åtminstone två stycken kanaler avsedda för lokala sändningar från den privata lokalradion. Frekvensåtgången i detta band är framför allt ett resultat av kommersiella och politiska överväganden i kombination med att sändningarna är planerade att ske med förhållandevis låg effekt. Delbandet 104-108 MHz är i den svenska kanalplanen inte planerat för nationella program (rikstäckande nät med krav på sammanhängande täckning). Att ändra den svenska kanalplanen för FM kan göra dagens bruk av frekvenser effektivare upp till en viss gräns, men på bekostnad av att en helt ny infrastruktur för FM måste byggas upp.

## T-DAB

T-DAB är standardiserad för rundradiosändningar inom frekvensbandet band III (174 MHz - 240 MHz) och inom det s.k. L-bandet (1452-1492 MHz). T-DAB har tagits fram bl.a. med utgångspunkt att vara frekvenseffektivare än FM. Olikt FM kan man i T-DAB använda s.k. singelfrekvensteknik där närliggande sändare kan använda samma frekvens så länge som de sänder samma program och är synkroniserade i tiden. I förhållande till FM har T-DAB generellt sett bättre mottagarprestanda när det gäller grannkanalundertryckning vilket också minskar frekvensåtgången.

Frekvensåtgången för en idealisk DAB-signal är 1,536 MHz, ovanpå detta tillkommer marginal för att ta hänsyn till grannkanaler. Sammanlagt behövs ett frekvensutrymme på 1,75 MHz per DAB-nät. I praktiken går det åt mer frekvenser än så eftersom det totala utrymmet inom t.ex. band III ska fördelas mellan grannländerna så att det är möjligt att sända T-DAB även i dessa.

Tittar vi närmare på band III (174-240 MHz = 66 MHz) så har Sverige i den internationella frekvensplanen tilldelats utrymme för fyra stycken rikstäckande DAB-nät samt ett rikstäckande DVB-nät. Tilldelningen för DVB-T (7 MHz) går att använda för fyra stycken tilldelningar för T-DAB ( $4 * 1,75$  MHz). Man kan alltså rimligen säga att 66 MHz motsvarar totalt åtta stycken DAB-nät vilket i medel ger 8,25 MHz/DAB-nät, att jämföra med den i teorin minsta möjliga frekvensåtgången 1,75 MHz/DAB-nät.

Eftersom T-DAB i grunden är ett s.k. multiplexerat system finns också ett övervägande mellan antalet kanaler som kan sändas i ett DAB-nät och kvalitén på det programmaterial som överförs. Rimliga utgångspunkter för ljudradioprogram är mellan sex och tjugo stycken kanaler.

- 6 kanaler om samtliga kodas med MP2 med en bithastighet på 192 kbit/s.
- 7 kanaler om samtliga kodas med MP2 med en bithastighet på 160 kbit/s.
- 9 kanaler om samtliga kodas med MP2 med en bithastighet på 128 kbit/s.
- 10 kanaler om samtliga kodas med AAC med en bithastighet på 96 kbit/s.
- 16 kanaler om samtliga kodas med AAC+ med en bithastighet på 64 kbit/s.
- 20 kanaler om samtliga kodas med AAC+ med en bithastighet på 48 kbit/s.

I praktiken är det dock vanligt att man använder olika bithastigheter för t.ex. program där tal dominerar och program där musik dominerar. De radiokanaler som sänder samtidigt behöver heller inte vara ett fast antal. Det är vanligt att programbolag och operatörer väljer att variera utbudet under dagen, dvs. när som helst ändra och lägga till en ny digital radiokanal. Slutligen möjliggör den digitala tekniken sändningar av tjänster som inte enbart är ljudradio, såsom elektronisk programguide, broadcast web site, nedladdning av musik, mobila tv-tjänster, etc. I ett scenario där det inte främst är antalet ljudradioprogram utan det totala tjänsteutbudet som är politiskt och kommersiellt attraktivt att erbjuda har en jämförelse med FM spelat ut sin roll.

## Jämförelser

### Exempel 1: Det totala antalet nationella radiokanaler

Om hela det i Sverige tillgängliga frekvensutrymmet för T-DAB (band III) skulle användas för sändningar av digital ljudradio är det rent tekniskt och frekvensmässigt möjligt att över hela landet sända upp till  $c:a 8 * 20 = 160$  stycken nationella kanaler. Detta kan jämföras med FM som kan användas för att sända 6 - 7 nationella/seminationella kanaler.

**Slutsats: Givet det i Sverige tillgängliga frekvensutrymmet går det att sända upp till 27 ggr fler nationella kanaler med T-DAB än med FM.**

### Exempel 2: Spektrumeffektivitet i teorin

Återupprepningsfaktorn för FM är i ett idealiskt fall 31, vilket innebär att en av trettien sändare kan använda samma frekvens om man vill undvika störningar och uppnå 100 % täckning. Med ett idealiskt fall menas att alla sändare sänder med samma effekt, har rundstrålande antenner uppsatta på samma antennhöjd och står placerade i ett reguljärt mönster där inbördes avstånd är identiska. Därutöver är ytan som ska täckas platt och inte terrängberoende.

När man betraktar spektrumeffektivitet är det vanligt att använda ett mått som anger antalet kanaler per sändare och MHz. Resultatet för ett idealiskt FM-nät blir  $1 / 31 / (0,1 \text{ MHz}) = 0,32$  kanaler/sändare/MHz.

Motsvarande återupprepningsfaktor för T-DAB är 1 för nationella sändningar med singelfrekvensnät och 4 för lokala/regionala program över s.k. multifrekvensnät. Resultatet för ett idealiskt DAB-nät blir mellan  $6 / 4 / (1,75 \text{ MHz}) = 0,86$  kanaler/sändare/MHz, upp till  $20 / 1 / (1,75 \text{ MHz}) = 11,43$  kanaler/sändare/MHz.

**Slutsats: I ett idealiskt sändarnät kan T-DAB vara upp till 35 ggr mer spektrumeffektivt än FM.**

### Exempel 3: Nationella program i teorin

För nationella program där krav finns på sammanhängande täckning krävs en minsta kanalseparation på 400 kHz.

Motsvarande för T-DAB är c:a 6-20 program på frekvensutrymmet 1,75 MHz. Omräknat till det frekvensutrymme som krävs per program får vi c:a 0,09 - 0,29 MHz.

**Slutsats: Vid planering av nationella program kan T-DAB vara nästan 5 ggr mer spektrumeffektivt än FM.**

### Exempel 4: Praktiskt erfarenhet av rikstäckande nät

För att bygga rikstäckande FM-nät så krävs erfarenhetsmässigt ungefär 2,2 - 3,3 MHz per program om man vill undvika störningsproblematik.

Motsvarande frekvensåtgång för rikstäckande DAB-nät kan rimligen utgå från den europeiska kanalplanen för band III där Sverige är tilldelat ett utrymme som totalt sett motsvarar en frekvensåtgång på 8,25 MHz per DAB-nät eller mellan 0,4 - 1,4 MHz/program.

**Slutsats: Med hänsyn till praktisk erfarenhet kan T-DAB vara upp till 8 ggr mer spektrumeffektivt än FM.**

## Sammanfattning

T-DAB har tagits fram för att vara mer spektrumeffektivt än FM.

Olikt FM kan man i T-DAB använda singelfrekvensteknik för att överföra ett stort antal nationella program med en och samma frekvens över hela landet. Generellt har T-DAB bättre mottagarprestanda än FM när det gäller grannkanalsundertryckning och därutöver kan man inom ett och samma DAB-nät överföra c:a 6-20 ljudradioprogram. Oavsett hur man beräknar spektrumeffektivitet kommer därför den inneboende karaktäristiken hos T-DAB, ett digitalt och för störningar mer robust system, i praktiken alltid att överträffa det för FM.

Vid en jämförelse mellan de olika systemen är det rimligt att utgå ifrån den frekvensåtgång som erfarenhetsmässigt krävs. Ovanstående resultat kan därför sammanfattas som:

**T-DAB kan vara upp till 8 ggr mer spektrumeffektivt än FM.**