



Framtida distribution av rundradio

– en tekno-ekonomisk analys

Jens Zander Mats Nilson

KTH – Skolan för Informations- och Kommunikationsteknik

2015-03-31

0. Sammanfattning

KTH har på uppdrag av Riksrevisionen (RR) granskat den tekno-ekonomiska analys som presenterats i Public Service-kommitténs betänkande (PS-utredningen). Granskningen har avsett

- om de beräkningar av täckning och investeringskostnader för ett framtida T-DAB+ - system som presenteras i utredningen är rimliga, om de tekniska krav som ställs i kommittédirektiven kan mötas och
- vilka konsekvenser avseende effektiv användning av frekvensspektrum förslaget har. Vidare presenteras
- en översiktlig teknoekonomisk bedömning av möjligheterna att använda framtida 4G-mobilnät i kombination med bredband i hushållen och existerande FM-nät.

Vi konstaterar att de tekniska beräkningar av avseende **hushållstäckning** som presenteras PS-utredningen måste i allt väsentligt anses som rimliga. **99,8% av hushållen kan täckas med 10-16 kanaler (1 MUX) till ungefär de kostnader som beskrivs i utredningen.** Den teknoekonomiska analysen bygger dock på att dagens form av rundradio kommer att användas i nuvarande form över mycket lång tid, vilket återspeglas i den **långa tiden till "break-even"** som är 2027 eller i vissa scenarier ännu senare. En växande del av radiolyssnandet bedöms i en nära framtid att ske som "play-tjänster" via hushållens bredbandsuppkopplingar. Redan idag har nästan alla hushåll tillgång till bredbandsuppkopplingar som möjliggör radiolyssnande i hemmen. En annan viktigt trend är att **allt högre utsträckning sker radiolyssnandet i bilen** - redan idag handlar detta om mer än hälften av lyssnartimmarna. Helt avgörande för konsumenternas upplevelse av ett eventuellt T-DAB+ system blir därför hur mobil mottagning kommer att fungera – en fråga som inte behandlas i PS-utredningen. Våra beräkningar visar att **mobil mottagning med T-DAB+ ger något sämre täckning än dagens FM-system.** Att nå samma täckning för mobil mottagning som FM-systemet skulle medföra merkostnader.

Energin är viktig i sammanhanget. På distributionssidan (sändare/master) är detta en grundbult i det att SR kan erbjudas lägre distributionskostnad om 10+ år. Denna besparing hänger dock intimt ihop med observationen om täckning ovan, bättre täckning innebär mer energi och ökar driftskostnaden. Efter en genomgång av källmaterialet för energiförbrukning för FM- och DAB-mottagare finner vi **inget fog för att DAB-mottagarna skulle dra mindre energi än dito FM.**

Beträffande frekvensspektrum finns inga starka skäl för eller emot T-DAB+ eller FM. Det handlar om relativt begränsade frekvensbehov samtidigt som det på överskådlig framtid inte finns någon alternativ kommersiell användning av FM-bandet (Band II) eller Band III där T-DAB+ systemet avser att utnyttja. Den alternativa användning på länge sikt av Band-III är Digital-TV (DVB-T2) då mer frekvensutrymme behöver frigöras för mobila nät i lägre delen av Band V, i första hand 700 MHz-området, på sikt även 600 MHz.

Slutligen diskuteras möjligheten att använda 4G-mobilsystem för distribution av radio, en teknik som är idealisk för "play-tjänster" som t.ex. SR-Play och Spotify. Vår analys visar att **mobil-systemen 2020 utan tvekan har den kapacitet som krävs för att rundradiotjänster kan distribueras till låga kostnader.** Täckningen för mobil mottagning i extrem glesbygd är dock sämre, varför FM-nätet skulle fortsatt behövas som komplement i dessa områden.

Innehåll

0. Sammanfattning	3
1. Uppdraget.....	6
2. Bakgrund & antaganden.....	6
3. Utbyggnadsplan.....	8
4. Analys av Investeringskalkylen	9
5. Täckningsanalys.....	10
6. Robusthet och beredskap.....	11
7. Drifts- och distributionskostnader	11
8. Spektrumstrategiskt perspektiv	12
9. Alternativa tekniker för radiodistribution	13
10. Diskussion.....	16
11. Slutsatser	16
Appendix: Tekniska beräkningar; täckning och energi för FM och DAB	18

1. Uppdraget

KTH har på uppdrag av Riksrevisionen (RR) granskat den tekno-ekonomiska analys som presenterats i Public Service-kommitténs betänkande¹, nedan kallad PS-utredningen. Granskningen har avsett om beräkningarna av täckning och investeringskostnader för ett framtida T-DAB+ - system är rimliga och om de möter de tekniska krav som ställs i kommittédirektiven. Vår bedömning baseras på egna beräkningar, på materialet i kapitel 11 i betänkandet, på konsultationer med Teracom och PTS, på Teracom² och PTS³ remissvar till betänkandet, samt på Betänkande av Digitalradiosamordningen⁴

Vidare har en bedömning av alternativa tekniker för rundradiodistribution genomförts. Fokus ligger på en analys om framtida 4G-mobilnät i kombination med existerande FM-nät utgör en mer effektiv lösning. Här har Teracom's "White Paper" från 2012⁵ kommenterats.

KTH's analys har utförts av ett team av forskare/utvecklare med lång erfarenhet av radiosystem, mobila såväl som rundradio, Jens Zander, Mats Nilson, Olof Klein, Ki Won Sung och Haris Celik.

2. Bakgrund & antaganden

PS-utredningen från 2012 föreslår att dagens FM-rundradionät ersätts av ett digitalradionät enligt DAB-standarden. FM nätet skall vara i drift parallellt med digitalradionätet tills det förra "släcks ner". När FM-nätet skall "släckas ner" tar inte utredningen ställning till men då, 2012, analyserades en 5-årig och en 10-årig utfasningsperiod. I planen utarbetad 2014 preciseras tidpunkterna för nedsläckning till 2022 eller 2024. Kravet på täckning är att man som idag skall kunna nå 99,8% av hushållen. Man kan göra några övergripande observationer kring förutsättningar och scenarier i PS-utredningen:

Begreppet DAB används som ett generellt namn på den digitalteknik som valts för att ersätta SR:s FM-radio och även ge kommersiell radio större utrymme till lägre kostnader. Tekniskt är "DAB" namnet på den första generationen av denna standard. För ca 10 år sedan utvecklades en uppgradering av DAB som mera korrekt betecknas T-DAB+ (T=Terrester, markbunden). Den fortsatta diskussionen avser således uteslutande T-DAB+, även om begreppet DAB ibland används för att förenkla texten.

Tidshorizont: De uppgifter och beräkningar som vi tagit del av bygger på ett antagande om att övergången från FM till DAB sker i en statisk omvärld där förutsättningarna inte ändras med tiden. Detta är givetvis ett antagande som gjorts för att man enkelt skall kunna göra tekno-ekonomiska analyser. Scenariot med en 10-årig övergång presenterat 2012, indikerar att DAB-investeringen uppvisar "break-even" 2034. Ett 20 årigt förlopp i media-ICT-världen innefattar tveklöst mycket stora

¹ Nya villkor för public service, Betänkande av Public Service-kommittén, kapitel 11, SOU 2012:59

² Teracom: Remissvar på betänkande "SOU 2012:59" av public service-kommittén, 2013-01-22

³ PTS: Remissvar avseende betänkandet "Nya villkor för public service" -betänkande av public service-kommittén, 2013-01-16

⁴ Från analog till digital marksänd radio – en plan från digitalsamordningen, Statens Offentliga Utredningar, SOU 2014:77

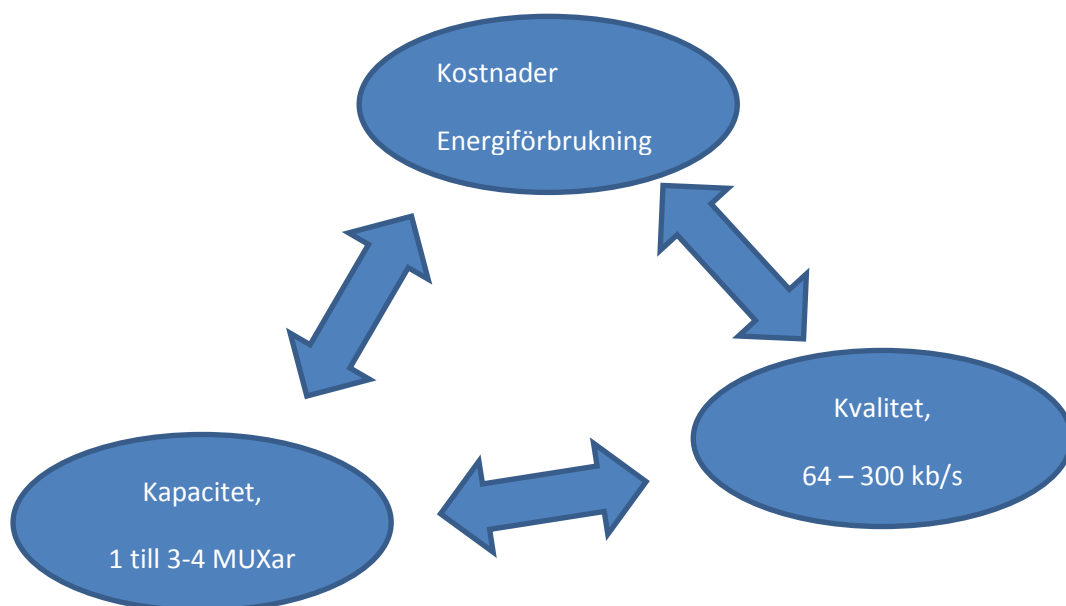
⁵ Teracom: "White Paper: Klarar mobiltelefonnäten utsändning av radio?", 2012,

förändringar. PS-utredningen beaktar inte detta helt tillfredställande. En diskussion eller enkel känslighetsanalys saknas.

Beprövad teknik: DAB-tekniken har använts i Sverige sedan 1995. Tekniken är beprövad och Teracom bör därmed ha en mycket god kunskap i planering och projektering av DAB/TDAB+ och hur detta system presterar i relation till FM. Uppskattningar av behovet och omfattningen av infrastrukturinvesteringar bör därmed vara väl grundade. KTH ser inget som ger större fog för motsatsen.

Hushållstäckning - Yttäckning: PS-utredningens krav på täckning är att man som i dagens FM-nät skall kunna nå 99,8% av hushållen. Några krav på yttäckning, vilken är viktig för mobil mottagning, specificeras inte i utredningen. Med tanke på att hälften - en växande andel - av FM-radiolyssnandet idag sker i bilen, finns det anledning att tro att allmänhetens subjektiva upplevelse av täckningen mer kommer att färgas av yttäckningen, än av hushållstäckningen. Dagens svenska FM-nät har mycket god yttäckning. Stereo-mottagning som kräver en förhöjd insignal fungerar ofta utmärkt. Att matcha denna med DAB-tekniken som har en mindre täckning per sändarstation blir en utmaning.

Optimerad användning av infrastrukturen: I de underlag som presenteras i PS-utredningen från 2012 framhävs DAB-teknikens fördelar. Det är av betydelse för betraktaren att inse att vissa av egenskaperna inte uppnås samtidigt, de är i princip omvänt beroende av varandra. Detta illustreras i figuren nedan. I en optimering av till exempel ekonomin och energiförbrukningen så sker det på bekostnad av kapacitet och kvalitet. Det går inte att erhålla DAB-distribution med Cd-kvalitet, 40 programkanaler, 75% reduktion av energi till en kostnad av 100 MSEK/år. Den arbetspunkt som väljs blir en kompromiss mellan de olika egenskaperna. För Sveriges Radios del kan typiskt 6 kanaler som matchar bra FM-kvalitet erhållas i en MUX, med 70% energireduktion och 100 MSEK per år. För ett fullt utbyggt DAB-nät med 4 MUX-ar för SR och kommersiell radio hamnar energiförbrukningen i paritet med dagens FM-nät om 4 kanaler (beräkningar i Appendix).



3. Utbyggnadsplan

DAB-tekniken har i praktiken kortare räckvidd per sändarstation jämför med FM. Den digitala signalen och dubbla bärvågsfrekvensen bidrar till detta, men huvudskälet tycks vara en branschpraxis med lägre storsändareffekter (pga sämre verksgrad och krav på minsta avstånd mellan sändarna i sk SingelFrekvensNät, SFN) än motsvarande för FM (FM har s.k. konstant envelopp-signal medan DAB-signalen har en varierande amplitud och därmed kräver mer av sändarutrustningen). Detta kan också ha sin grund i den rekommendation som finns för s.k. singelfrekvensnät om en maximal separation om 60 kilometer mellan sändarna, överskridningar är ej önskvärda. På KTH uppskattar vi en reduktion av täckningsradien ned till ca hälften av motsvarande från FM-mono och samma för FM-stereo. T-DAB+ innebär därmed signifikant fler sändarstationer för att matcha FM-mono.

Det är knappast realistiskt att återanvända teknisk utrustning från tidigare DAB- och DAB+-sändningar. Den tekniska livslängden bedöms till 7-10 år. Det gamla rikstäckande nätet som byggdes ut sent 1990-tal på en tidigare version, DAB utan +, är enligt uppgift från Teracom att betrakta som helt borta. De stationer som är igång idag i DAB och pilotnät TDAB+ är även de att se som äldre.

Teracomns plan för utbyggnaden är att utnyttja befintlig infrastruktur för T-DAB+-nätet, dvs master från dagens FM-nät och TV-nät. I dag finns 176 bestyckade med FM-sändare, men genom inplacering av T-DAB+ på de (digital-TV) DVB-T master som Teracom använder kommer man upp i totalt 578 master⁶. Stationshus, master, koaxialkablar och till viss del också antenner från nuvarande installationer kan nyttjas. Efter genomförd övergång till DAB kommer man inne på stationerna att spara golvyta, underhåll och energiförbrukning *per utsänd programkanal*. Under övergången är det förstås tvärtom då båda systemen kräver plats, underhåll och energi.

Då mast- och stationsplatskostnaderna är helt dominerande så föreslås nybyggnation undvikas i utrustningen av DAB. Skulle ett betydande antal nya, stora master krävas, ändras investeringskalkylen till en helt annan storleksordning. Vid täckningsproblem, kommer Teracom att söka inplacering i mobil- eller andra typer av master.

Teracom ser robusthet och hög tillgänglighet som en stark del av erbjudandet av idag. Kraftigare och bättre bevakade/inhågnade stationshus och kontinuerlig reservkraft vid bortfall ska borga för säker drift. Mobilnäten har bra tillgänglighet men ändå på en lägre nivå än rundradion, backup för el kan tex vara 1-3 timmar i stället för ett eget elverk. Inplacering i mobilmast kan därför resultera i en liten försämring vad gäller robusthet för just dessa installationer.

⁶ Uppgifter extraherade från Teracomns websidor.

4. Analys av Investeringskalkylen

En detaljerad analys av investeringskostnaderna är besvärlig, då Teracom av affärsmässiga skäl undviker att ange just dessa investeringskostnader, utan uttrycker kostnaderna i form av en uppskattad årsavgift som SR skall betala för tjänsten (1 MUX). I denna finns investering, underhåll, det löpande återinvesteringsbehovet och Teracoms egen marginal inbakad.

1 MUX motsvarar 10-16 stereokanaler med baskvalitet (cirka 70-110 kbit per sekund, vilket ej når upp till FM-stereo med bra signal-brusförhållande). För lyssnare med mycket höga krav på ljudkvalitet skulle det rymmas 3-4 stereokanaler⁷. I de två DAB-nät som täcker Stockholm och Uppsala idag, "SR riks DAB" och "Teracom Test" sänder SR 10 kanaler (3+7)⁸. SR's program sänds fn i DAB-näten med 160 kb/s utan SR Klassiskt som har 192 kb/s. (april 2015) På internet erbjuder SR (förmiddag 28 nov) 41 strömmade kanaler plus 2 extrasändningar (varav 25 är regionala program)⁹.

Teracom har uppgett att de normalt ser 7-10 års avskrivning på sina sändarutrustningar. Med hjälp av öppna prisuppgifter från en av Teracoms nuvarande leverantörer, Harris, kan vi uppskatta en tänkt investering baserat på existerande infrastruktur till cirka 250-300 MSEK för ett komplett lands-täckande nät¹⁰. Detta innefattar endast sändarutrustningen och dess kringkomponenter. Avskrivning på utrustning borde därmed ligga någonstans om minst 25 MSEK/år (10 års avskrivning) och maximalt 43 MSEK/år (7 års avskrivning).

Från KTH's sida ser vi att Teracoms uppskattade avgift från PS-utredningen skall betraktas som en lägsta instegsnivå motsvarande 1 MUX (3-4 kanaler). Kostnaden för ytterligare kanaler/MUX:ar utöver den första, avtar med antalet installerade MUX:ar. Vår bedömning är dock att den 2:a MUX:en skulle kosta mellan 70-80% av den första. Vid samtidig installation av samtliga MUX:ar blir kostnaden lägre, lägger man till MUX:ar senare hamnar man säkert i den övre delen av intervallet.

Investeringen om 250-300 MSEK enligt ovan avser således en av fyra MUX:ar. Med alla fyra planerade MUX:ar, två för SR och två för kommersiell radio (ett 50-tal kanaler med en baskvalitet som inte motsvarar en bra FM-stereo-mottagning), blir det frågan om en miljard-investering. Nyligen rapporterades i ett inlägg från SR:s Vetandets Värld att Norges utbyggnad (99.5 befolkning för NRK och 90% för kommersiell radio) att det varit fråga om en miljardsatsning vilket ter sig rimligt i förhållande till den svenska planen. SvD rapporterade 2005 att den DAB-satsning som startade 1995 hittills hade kostat skattebetalarna ca 400 MSEK. Sammantaget ger allt detta en god bild av volymen på investeringarna för DAB-näten.

KTH:s bedömning: Den beskrivna utbyggnadsplanen bör kunna nå 99,8% hushållstäckning med 1 MUX till de kostnader som beskrivs. Kalkylen bygger dock på en ganska snabb övergång till DAB och en oförändrad användning över (mycket) lång tid. Man måste kunna hantera följande risker:

⁷ <http://digitalradioinsider.blogspot.se/2013/11/dab-radio-sound-quality-inferior-to-fm.html> baserad på "Perceived Audio Quality of Realistic FM and DAB+ Radio Broadcasting Systems", Jan Berg/Luleå University of Technology, Christoffer Bustad Lars Jonsson Lars Mossberg/Sveriges Radio, Dan Nyberg/Swedish National Laboratory of Forensic Science – SKL, *Journal of the Audio Engineering Society*, Vol. 61, No. 10, 2013 October

⁸ Teracoms frekvenstabeller, www.teracom.se

⁹ www.sr.se

¹⁰ GatesAir presentation: [_comparison_DAB to FM_ and DRM](#)

- Marknaden, användarna, svarar långsamt. Övergången drar ut på tiden och parallell drift av näten fortgår under längre tid än 10-års-skiftet (SoU 2012:59). Konvertering av bilflottan talar för detta.
- Mediekonsumtion flyttar från FM till IP-baserade tjänster. Effekten kan bli samma som ovan, med ett "hängande" TDAB+-nät.

5. Täckningsanalys

Som diskuterades tidigare, finns det en diskrepans mellan PS-utredningens krav på hushållstäckning och yttäckningen, som är av betydelse för mobil mottagning. En befolkningstäckning på 99,8 % av hushållen ger med det analoga FM-marknätet idag en yttäckning på cirka 90 %. Teracom's "white-paper"¹¹ vill göra gällande att detta förhållande skulle gälla även för det planerade T-DAB+ nätet. KTH:s preliminära beräkningar visar att yttäckningen (mobiltäckningen) med planerad infrastruktur med 600 sändarstationer, blir betydligt sämre med T-DAB+ än med dagens FM-system. Sambanden är komplexa¹² då det gäller två olika tekniker, men enkelt uttryckt kräver TDAB+ mottagaren högre signalstyrka än FM¹³, vilket sammantaget med lägre sändareffekter medför att räckvidden per sändarstation blir lägre. Varje T-DAB+ sändare täcker i regel mindre yta än vad motsvarande FM-sändare täcker. Detta kompenseras visserligen av fler sändarstationer, men de "nya" sändarstationerna är inte placerade i nya högmast, utan är främst placerade i låga mast avsedda för lokal "hushålls-TV-täckning" eller i mobiltelefoni. Mobil yttäckning i framför allt glesbygd kan därför bli problematisk.

Konsekvenser av en lägre yttäckning för det mobila radiolyssnandet kan beskrivas som följer. I en FM-radio börjar det "brusa" långt från sändaren när signalen blir svag, programinnehållet kan avlyssnas men med allt sämre kvalitet. I DAB-nätet är ljudkvaliteten hög ända tills ljudet plötsligt blir kraftigt distorderat eller försvinner helt, och typiskt växlar mellan dessa lägen. Detta upplevs som mycket irriterande av lyssnarna och det är därför viktigt att tillräcklig marginal finns för att upprätthålla DAB-signalen. I glesbygd kommer nya täckningshål att uppstå, och då speciellt på mindre vägar utanför huvudstråken om inte en ytterligare förstärkning av signalnivåerna genomförs. Övergången till digital-TV, som uppvisar samma typ av beteende (ingen "snö" på bilden, men avbrott) kantades av missnöjda tittare i täckningens utkanter. Ett sådant scenario kan också uppstå för en migration från FM till DAB.

Detaljerade beräkningar påvisar stor spridning. Skälet är främst antagande som görs för känslighet och antennegenskaper för olika typer av mottagare. Känsligheten hos mottagare varierar med ett mycket stort spann, det är också osäkert om de olika krav som finns på marknaden efterlevs. Beräkningar avseende täckning och antal sändarstationer finns redovisade i Appendix. I det exempel som redovisas behöver DAB-nätet kompletteras med ytterligare något hundratal små sändarstationer för att matcha FM-täckning. Att bygga nya högmast av den typ som Teracom använder idag (300m), innebär i dagsläget nästan oöverstigliga hinder, inte bara i form av kostnader utan även vad gäller miljö- och säkerhetshänsyn.

¹¹ Teracom White Paper: Klarar mobiltelenäten utsändning av radio?, 2012

¹² DAB SFN nyttjar överlapp konstruktivt, med hänsyn till undvikanade av extrema räckvidder över 60 km.

¹³ Mono, typ "köksradio"

6. Robusthet och beredskap

När det gäller robusthet, finns en del skillnader mellan dagen FM-nät och det framtida T-DAB+-nätet. I instegsförslaget från Teracom med 1 MUX erhålls inte samma redundans som för FM-nätet med sina 4 plus 1 reservsändare per station. Ett bortfall av denna enda sändar-MUX skulle till exempel blockera VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) medan en defekt FM-sändare inte gör det. Vår slutsats är att minst två sändarenheter (2 MUX) per station krävs för att erhålla rimlig redundans. I den mån som inplacering i master i mobilnäten används, har dessa normalt inte samma säkerhet för skydd av utrustning och reservkraft. Mobilnätsmasterna är dock att betrakta som ett komplement i Teracoms planering.

7. Drifts- och distributionskostnader

Teracoms driftkostnader för ett DAB+-nät med en MUX är lägre än för FM-nätet. Det är främst den lägre energiförbrukningen som är nyckeln till de lägre driftkostnaderna i Teracoms förslag. Mindre fysiskt utrymme (så kallad "footprint") och något färre sändarenheter att underhålla är andra kostnadsmässiga fördelar för driftsbudgeten. Sammantaget är KTHs bedömning att PS-utredningens (SOU 2012:59) ekonomiska analys där fyra nationella FM-kanaler ersätts med en MUX är trovärdig (från 160 MSEK avgift per år till 100 MSEK). Notera att SR allokaterats 2 MUX-ar vilket uppskattningsvis skapar en driftsutgift om ca 180 MSEK per år.

Teracoms kalkyl för distributionskostnaderna för Sveriges Radio bygger på att även de kommersiella bolagen upphandlar Teracom då dessa tillsammans utgör ett ekosystem. Efter vad vi förstår bygger analysen på en komplett utbyggnad av 3 till 4 MUX-ar. Teracom är uppmärksamma på att andra aktörer kan tänkas komma att konkurrera med dem. Teracom har tack vare sin omfattande infrastruktur dock ett stort försprång jämfört med andra marknadsaktörer.

En risk för SR:s verksamhet ligger i att de kommersiella aktörerna drar sig ur samarbetet, t.ex. om de finner att radiomediet saknar intäktsmöjlighet. Teracoms samordningsvinster försvinner i så fall och tjänsten blir dyrare att leverera. Den ökade kostnaden är inte enkel att uppskatta - det kan handla om en fördyring om några tiotal procent. De ökade distributionskostnaderna är dock inte det primära problemet. Skulle de kommersiella aktörerna helt överge DAB distribution, minskar intresset för DAB hos konsumenterna.

8. Spektrumstrategiskt perspektiv

Dagens FM-system arbetar i det s.k. Band II (88-108MHz). Det föreslagna T-DAB+-systemet är tänkt att arbeta i Band III (174-240 MHz), ett frekvensband som fram till idag använts för TV-distribution. Vid en nedsläckning av FM-systemet skulle potentiellt **Band II** kunna frigöras till andra ändamål.

Problemet med detta är:

- Det räcker inte med att bandet frigörs i Sverige. För att leverantörer skall producera utrustning för alternativ användning, krävs en världsmarknad. Det är rimligt att bandet måste frigöras i hela eller större delen av Europa för att det skall kunna bli kommersiellt intressant.
- För de små rundradioaktörerna med lokala eller regionala sändningar som tex Närradion eller lokala kommersiella aktörer med endast en eller få kanaler är inte DAB en lämplig teknik då den har sin styrka i parallell distribution av många program. Just därför föreslås från olika håll att FM-band II skall behållas just för dessa aktörer, vilket då skjuter fram den tidpunkt då bandet kan bli tillgängligt för andra tjänster.
- Det finns ingen tydlig alternativ användning för band II som skulle kunna ge det ett kommersiellt värde. Mobilindustrin är knappast intresserad, då antennerna i detta frekvensband är stora och opraktiska för mobila enheter som surfplattor och smartphones. EBU har internt diskuterat möjligheterna till att använda Band II för PPDR (Public Protection and Disaster Relief) eller PMSE (Programme Making and Special Events). Andra områden är fjärrstyrning och övervakning (så kallad Machine-to-Machine communication, M2M).

Alternativanvändningen av Band III (174-240 MHz) om T-DAB+ inte byggs ut, har samma typer av problem som ovan. Det finns ingen uppenbar alternativanvändning på kort till medellång sikt som ger bandet ett kommersiellt värde, detta dock med ett möjligt undantag:

- Bandet används redan och kan fortsatt användas för Digital-TV. I och med att den övre delen av Band V (470-790 MHz) nu planeras tas i anspråk för mobil kommunikation (700-MHz bandet, den s.k. 2:a "Digitala Dividenden"), kan delar av Digital-TV-sändningarna "evakueras" till Band-III, som har goda täckningsegenskaper för glesbygden.

9. Alternativa tekniker för radiodistribution

Vi har tidigare konstaterat att allt framtida media-innehåll kommer att vara digitalt och att även transmissionen kommer att vara digital via generell IP-teknik. En viktig fråga som ställs är om även dagens radiolyssnande kan ske över olika IP-baserade transmissionsmedier. I Teracom's "White Paper: Klarar mobiltelenäten utsändning av radio?" från 2012, ställs frågan om dagens (2012:års) mobilnät klarar av dagens radiolyssnande. Svaret blir nej – den uppskattade datavolymen av 2012-års sammanlagda radiolyssnande i Sverige (193TB per år) översteg den totala datavolymen i mobilnäten under 2012. Olika tekniker att utöka kapaciteten diskuteras. Ett annat argument i rapporten är att kostnaden för transmission till radiolyssnarna skulle bli betydligt högre i mobilnäten än via dedikerade rundradionät.

Analysen haltar dock på flera punkter. Främst är det knappast relevant att studera situationen 2012 när man diskuterar en infrastruktur som skall vara i drift 2020-2030. Mycket har redan hänt sedan 2013 och vi förväntar oss en ytterligare avsevärd utveckling både vad gäller konsumentbeteende såväl som infrastrukturens kapacitet och kostnader under de närmaste 5-10 åren.

I rapporten antas bl.a. att

1) **det tablåstyrda radiolyssnandet ligger på 2012 års nivå**

Utveckling pekar dock åt ett annat håll. Även om alternativt radiolyssnande ("Play"-tjänster, Podcasting, Spotify etc) låg på en låg nivå 2012, är detta ett ständigt ökande inslag, speciellt för den yngre generation som kommer att vara huvudkonsumenter av ljudmediatjänster år 2025.

2) **allt radiolyssnande sker i realtid via mobilnäten**

Det är rimligt att anta att mobil mottagning (den som antas utgöra 30% av den totala volymen) sker via mobilnäten medan den stora volymen av radiomottagningen skulle ske i hemmen, företagen, offentliga platser. Där sker den via fast bredband och/eller trådlösa korthållsnät (t.ex. WiFi). I dessa nät, som oftast är dimensionerade för högkvalitetsvideotjänster, är kapacitetsbehovet för radiotjänster försumbart i dessa miljöer.

3) **kapaciteten hos mobilnäten är på 2012-års nivå**

Under perioden 2010-2020 beräknas kapaciteten i mobilnäten öka med ca 100 gånger, räknar man in kapaciteten i olika trådlösa korthållsnät (t.ex. WiFi) så är en total kapacitetsökning på 1000 gånger inget orimligt antagande. I ett läge där radiotjänster endast utnyttjar en liten bråkdel av den tillgängliga kapaciteten, är en kostnadskalkyl där merparten av nätkostnaden drabbar radiolyssnandet, knappast realistisk.

4) **LTE-tekniken är oprövad**

LTE är den helt dominerande världsstandarden – idag sker i princip all nybyggnad av mobilnät med LTE-teknik och det är rimligt att anta att 2020 en stor majoritet av världens mobilnät utrustade med denna teknik. Den teknikkomponent i LTE-standarden som är relativt oprövad är eMBMS (evolved Multimedia Broadcast Multicast Service) som skulle kunna möjliggöra

traditionell "broadcast" teknik (en sändare – många mottagare av samma innehåll) och därmed kräva mindre kapacitet.

Slutsatsen av ovanstående är att rapportens huvudargument, att kapaciteten i framtida IP-baserade kommunikationsnät, främst mobilnäten, inte skulle vara tillräcklig för konventionellt radiolyssnande, saknar rimligt stöd. Av större intresse är diskussioner kring täckning, robusthet och affärsmodellerna för utsändning.

När det gäller täckning får man, precis som i diskussionen kring DAB+ och FM, skilja mellan PS-utredningens krav på 99,8% täckning av hushållen, respektive yttäckningen för mobil radiolyssnande.

a) **Hushållstäckning**

Regeringens bredbandsmål för år 2020 är att 90% av hushållen skall ha tillgång till bredband med minst 100 Mbit/s (dvs via optisk fiber/LAN anslutning). PTS analyser visar att detta mål sannolikt kommer att nås. PTS Bredbandskartläggning¹⁴ visar att redan 2013 hade 98,73% av hushållen möjlighet att få kabelbunden bredbandsanslutning och inkluderar man även 4G/LTE så nås 99,9% av hushållen – vilket sannolikt är en bättre täckning än dagens FM-nät. Inomhus når man bekvämt alla slags mediaspelare trådlöst via WiFi-teknik. Man kan således säga att hushållstäckningskravet redan är uppnått med IP-baserade tekniker.

b) **Mobil täckning**

När det gäller mobil täckning är situationen mer komplicerad och påminner om jämförelsen mellan DAB och FM. 4G-näten använder ännu högre frekvensband än DAB+ (800 MHz och uppåt). Varje individuell basstation ("mast") har därför betydligt kortare räckvidd – men å andra sidan har mobilnäten flera storleksordningar fler master än rundradio/TV-systemen. Konsekvensen är att mobilnäten får en utmärkt täckning i relativt tätbefolkade områden (södra halvan av Sverige) medan täckningen i glesbygden koncentreras runt tätorter och längs alla större vägar. Täckningen i fjällvärlden och de stora, glest befolkade, skogsområdena i inre Norrland vid sidan av vägarna är dock begränsad. Samtidigt medför det digitala programinnehållet stora möjligheter till förhandslagring av innehåll i mottagarna (s.k. caching) vilket innebär att fläckvis dålig mottagning vid bilkörning helt kan döljas för lyssnaren. Detta hjälper dock inte om man befinner sig längre tid på en plats utan täckning. Slutsats: täckningen för mobilradiolyssning kommer att vara god i södra Sverige och längs alla större vägar, men behöver på medellång sikt säkert att kompletteras med FM i Norrlands inland.

När det gäller **affärsmodeller för IP-baserad mediekonsumtion**, utgör bredbandsansluten radio inget problem på längre sikt då alla hushåll kommer att ha en rimlig bredbandsuppkoppling. Argumentet som nämns i Teracoms rapport att 1,2 miljoner svenskar idag (2012) inte använder internet är svagt. Utvecklingen bortom 2020 när det gäller IP-access kommer sannolikt att drivas (och bekostas) främst av andra tjänster såsom TV, e-handel och men även andra tjänster som normalt inte förknippas med "internetanvändning", såsom säkerhet och sjukvård. IP-baserade mediaspelare finns idag i alla "smartphones", surfplattor och även som fristående "internet-

¹⁴ PTS bredbandskartläggning 2013, Rapport PTS-ER-2014:12, Mars 2014

radiomottagare". Den senare hanteras precis som vilken FM-radio som helst och kräver inga "internetkunskaper". I hemmet betalar konsumenten en fast månadsavgift och marginalkostnaden för radiolyssnandet blir således noll, precis som för dagens FM-system. När det gäller lyssnande via mobilt bredband är situationen idag annorlunda. Den fasta avgiften varierar med den tillåtna månatliga datavolymen. Kostnaden för ett frekvent radiolyssnande enbart via mobilnäten är därför inte försumbar i dagens läge. Som framgår av kapacitetsanalysen ovan, kommer dock ljudtjänsterna att utgöra en allt mindre andel av den trafik som överförs över mobilnäten, vilket gör att marginalkostnaden för radiolyssnande på sikt också blir försumbar. Ett exempel på en liknande utveckling är mobiltelefoni, där man gradvis gått från en minuttaxa till en fast månadskostnad.

En annan fråga som berörs i Teracom's rapport är **robustheten**. Dagens FM och TV-system är, då de väsentligen bara levererar en tjänst, relativt okomplicerade har mycket hög tillgänglighet. Varje enskild sändarstation har betydande skalskydd, egen reservkraft och flera redundanta system. Kraven på robusthet är också höga – om en FM-storsändare med sin 300 metersmast slås ut, förlorar flertalet av radiolyssnarna i många miles omkrets möjligheten att lyssna på radio. Mobilnätens basstationer har inte alls samma robusthet – här skapas systemmässig robusthet genom att de är många och har överlappande täckning. Slås en enskild basstation ut är det oftast bara förbindelserna inom några kilometers radie som slås ut.

En viktig komponent i robustheten som ofta glöms bort är mottagarna och lyssnarvanorna. Ett allvarligt problem idag med "Viktigt Meddelande till Allmänheten" (VMA) via radio och TV är att så få människor faktiskt lyssnar/tittar på specifika radio- och TV-program inom public service sektorn. Man når idag en betydligt större del av befolkningen genom att skicka SMS till alla mobilabonnenter. Även om man gör betydande investeringar i mycket robusta DAB+ eller FM-nät, så har dessa begränsad användning om IP-baserad mediekonsumtion tar över och allt färre medborgare kommer att äga DAB/FM-mottagare, än mindre använda dem.

Vare sig vi vill eller inte så är digitalt innehåll och IP-baserad överföring här för att stanna. Lyssnarvanorna anpassas mer och mer till denna teknik där innehållet kan konsumeras på en lång rad valfria fysiska apparater som datorer, mobiltelefoner, surfplattor, billjudanläggningar etc. Önskad hushållstäckning för IP-baserad access är i princip redan nådd. Utvecklingen mot användningen av bredband i hemmen är mycket snabb och drivs av andra faktorer än traditionellt "websurfande" på konventionella datorer. Utbudet överstiger marksänd radoradio med många tiopotenser. Helt okomprimerat ljud av äkta CD-kvalitet, och även olika former av multikanalsystem (5+1 etc) kan erhållas för dem med extra höga krav. Ljudöverföring i mobilnät och WiFi-nät kommer bortom 2020 utnyttja bara en ringa del av nätkapaciteten och kostnaderna för överföring av ljud kommer därför att vara låga. Mobiltäckning bortom de större vägarna kommer fortsatt att vara ett problem och här utgör FM-näten viktiga komplement.

10. Diskussion

Ett viktigt motiv till övergången från FM till DAB är att utfasning av gammal teknologi skapar möjlighet till besparingar och en miljöriktig sänkning av energiförbrukning. För att detta skall uppnås erhåller SR en kapacitet om ca 6 programkanaler som matchar god FM-stereokvalitet¹⁵, alternativt 10-12 kanaler med något lägre lyssnarupplevelse och sannolikt vissa problem med att matcha dagens FM-täckning överallt. Priset för de sökta fördelarna är förutom de angivna:

- En investering i användarledet om 5-10 miljarder SEK (10-20 miljoner mottagare)
- En övergång av hela bilflottans radiomottagare till DAB (nya enheter vid nyförsäljning eller olika former av efterkonvertering i existerande bilar)

Detta kan i sig förlänga övergångsfasen för Sveriges del. Ytterligare tröghet kommer att skapas av den pågående ökningen av användare som flyttar sitt radiolyssnande till Internet i form av uppladdning, podcasts och streaming. Stockholms tunnelbana är ett exempel på det, ingen FM-radiotäckning men massor av resenärer med hörlurar på.

Spektrumfrågorna för FM och DAB ställer egentligen inget på sin spets, banden kan på kort och medellång sikt betraktas som "ohotade" av andra tjänster.

Det fasta och mobila Internet levererar idag stora volymer rörlig bild, i huvudsak via tjänster som Youtube och Netflix. Dessa är bandbreddsmässigt mer krävande än ljudradio. Som beskrivet i kapitel 9 ovan så kommer Internet att kunna matcha behoven även för radioradio. Här kommer säkert nya affärmodeller för "gratis mobil streaming" i utvecklade rundradiomoder i kommande mobila kommunikationsnät att se dagens ljus.

11. Slutsatser

Vi konstaterar att

- **PS-utredningens kalkyl vad gäller hushållstäckning är rimlig – men bygger på att radiokonsumtionen liknar dagens i ytterligare 12-15 år.**

De tekniska beräkningarna avseende hushållstäckning som presenteras PS-utredningen måste i allt väsentligt anses som rimliga. 99,8% av hushållen kan täckas med 10-16 kanaler (1 MUX) till ungefär de kostnader som beskrivs i utredningen. Den teknoekonomiska analysen bygger dock på att dagens form av rundradio kommer att användas i nuvarande form över mycket lång tid, vilket återspeglas i den långa tiden till "break-even" som är 2027 eller i vissa scenarier ännu senare. Samtidigt är det tveksamt om vilket behovet av hushållstäckning är. Bredbandsutbyggnaden går nu mycket snabbt och redan idag har nästan alla hushåll tillgång till bredbandsuppkopplingar som möjliggör radiolyssnande i hemmen. En växande del av

¹⁵ 192 kb/s per programkanal

radiolyssnandet bedöms i en nära framtid att ske som "play-tjänster" via hushållens bredbandsuppkopplingar.

- **Mobiltäckning - inte hushållstäckning - avgörande för konsumenterna upplevelse**
Allt större andel av radiolyssnandet sker i bilen - redan idag handlar detta om mer än hälften av lyssnartimmarna. Helt avgörande för konsumenternas upplevelse av ett eventuellt DAB system blir därför hur mobil mottagning kommer att fungera – en fråga som inte behandlas i PS-utredningen. Våra beräkningar visar att mobil mottagning med DAB ger något sämre täckning än dagens FM-system. Att nå samma täckning för mobil mottagning som FM-systemet skulle medföra betydande merkostnader.
- **Inga avgörande spektrumkonsekvenser**
Beträffande frekvensspektrum finns inga starka skäl för eller emot DAB eller FM. Det handlar om relativt begränsade frekvensbehov samtidigt som det på överskådlig framtid inte finns någon alternativ kommersiell användning av FM-bandet(Band II) eller Band III som DAB systemet avser att utnyttja. Den alternativa användning på länge sikt av Band-III är Digital-TV (DVB-T2) då mer frekvensutrymme behöver frigöras för mobila nät i lägre delen av Band V, i första hand 700 MHz-området, på sikt även 600 MHz.
- **Energibesparingar:** Teracom's analys visar att energibesparingar kan göras i näten om endast hushållstäckning eftersträvas. Vill man uppnå samma mobiltäckning som dagens FM-system är det mer tveksamt om energi kan sparas i näten. Beträffande energibesparingar i DAB+-mottagarna, kan vår analys inte påvisa några vinster.
- **Kombination av 4G-mobilsystem och FM i glesbygd ger en flexibel och effektiv lösning.**
4G-mobilsystem använder internet/IP-distribution, en mycket flexibel teknik som är idealisk för alla typer av digitala media, inklusive s.k. "play-tjänster" som t.ex. dagens SR-Play och Spotify. Vår analys visar att **mobil-systemen 2020 utan tvekan har den kapacitet som krävs för att mobila rundradiotjänster kan distribueras till låga kostnader.** Befolkningstäckningen för dessa system är redan idag mycket god, dock kan täckningen för mobil mottagning i extrem glesbygd vara sämre, varför **FM-nätet i väntan på nästa generation mobila tjänster och rundradiosystem skulle fortsatt behövas som komplement** i dessa områden.

Appendix: Tekniska beräkningar; täckning och energi för FM och DAB

KÄNSLIGHET MOTTAGARE DAB OCH FM RUNDRADIO

Känsligheten anges i fältstyrka vid antennen eller mottagen effekt på antenn-kontakten för att uppnå en viss audiokvalitet. Som mått på audiokvalitet används för FM ofta S/N och för DAB BER eller ett subjektivt mått.

OBS för S/N används olika definitioner med avseende på viktning och deviation. Viss anpassning är gjord av värdena.

För FM är mono tillräckligt för det mesta, bara HiFi med musik hemma och kanske i bil kräver stereo. Stereo kräver 20 dB högre signal än mono.

BER 10^{-4} används i DAB specifikationer. DCMS tycker att det motsvarar 1 hörbart fel var 10 sek. Om det är så är det nog sämre audiokvalitet än 40 dB S/N på FM.

DAB kurvan är brantare än motsvarande för FM så det kan vara lämpligt att ha lite mer marginal för DAB. Speciellt för lägre bithastigheter, tillsammans kanske 6 dB.

Sambandet mellan fältstyrka och mottagen effekt

$$P = E - 20(\log f) - 77,2 + G$$

P effekt i dBm, E fältstyrka i dB μ V/m, f frekvens i MHz, G antennvinst i dBi

För FM har använts f = 98 Mhz och för DAB 220 Mhz

Antennvinst

Halvvågsantenn optimal 0 dBi ? (Ofcom mätn -6 dBi, ideal +2 dBi)

Spröt långt och optimalt justerat -1 dBi

Spröt kort -16 dBi (-23 dBi enl BBC nog alltför pessimistiskt)

Tråd -20 dBi ?

Bilantenn -8 dBi ?

DCMS spec förutsätter > -8,1 dBi för känslighet spec

FM mottagare känslighet (P = E - 117 + G)

Yamaha receiver/tuner 2006/2014	30 dB S/N mono -109 dBm
	50 dB S/N mono -100 dBm => 17 dB μ V/m
	gissning stereo -80 dBm => 37 dB μ V/m

Kenwood bilradio 1999	26 dB S/N mono -112 dBm
	46 dB S/N mono -105 dBm => 20 dB μ V/m

Frontier DAB/FM modul 2014	40 dB S/N mono -107 dBm
----------------------------	-------------------------

Div små app i Ofcom 2010 mätn	~30 dB S/N mono 20-30 dB μ V/m
ITU-R 1990 portable	40 dB S/N mono 30 dB μ V/m
ext antenna	40 dB S/N mono -95 dBm => 30 dB μ V/m om -8 dBi antenn
ext antenna	40 dB S/N stereo -75 dBm => 42 dB μ V/m om 0 dBi antenn

DAB mottagare känslighet (P = E - 124 + G)

Yamaha tuner 2014	ospec audiokval -98 dBm => 26 dB μ V/m
Frontier DAB/FM modul 2014	BER 10 ⁻⁴ -99 dBm
Div app i ERA 2011 mätn (alltför låg audiokval)	subj (>1 fel / 5 sek) 25-49 dB μ V/m
BS EN 62104:2007	BER 10 ⁻⁴ -81 dBm => 43 - G dB μ V/m
DCMS Min spec ... 2013	BER 10 ⁻⁴ (sägs motsv 1 fel / 10 sek) bruskan 34,4 dB μ V/m eller -97,7 dBm fadingkan 39,9 dB μ V/m eller -92,2 dBm

ANALYS AV RÄCKVIDD OCH YTTÄCKNING, FM/DAB

Övergången från analog till digital television nämns ofta i samband med planerna för FM till TDAB+ migration. Det finns likheter och det som skiljer. Övergången till digital TV, DVB-T, kantades under en tid av rapportering om missnöjda tittare. En liten del av tittarskaran blev av med sin tjänst vid övergången, de flesta av dessa befann sig utanför tätorterna. Lösningen för dem blev antingen att förlänga sitt maströr på taket och byta till en effektivare antenn, alternativt att gå över till satellit eller IPTV. Efter en tid avtog missnöjet, referensen till det som varit bleknade och det nya var på plats. För DAB ser det annorlunda ut, alternativet med en högplacerad utomhusantenn för radiolyssning är i realiteten inte gångbart även om det rent tekniskt är helt OK. Kvar står internet-radio via fast eller mobilt bredband för dessa lyssnare.

Vanligtvis delas de nuvarande FM-lyssnarna in i tre eller fler grupper:

1. Inomhus högkvalitet, avancerad mottagare med väl vald antenn som ger en hög nivå på signalen för att erbjuda FM-stereo med stor dynamik. Detta är definitivt en minoritetsgrupp.
2. Inomhus med godtagbar kvalitet, ofta en liten monoradio med sprötantenn. Lyssning sker i hemmet eller på arbetsplatsen.
3. Bil, med samma kvalitet som ovan men i stereo där så möjligt.

Grupp två är mest kritisk ur täckningssynpunkt. Det är denna grupp som kravet om 99.8% befolkningstäckning för SR gäller. Radiosignalen dämpas för denna grupp av omgivande väggar och dessutom i de allra flesta fall av en mindre effektiv antenn. KTH's analys är av jämförande karaktär, FM-DAB. För de tekniska täckningsberäkningarna har antagits följande:

- Två huvudfall:
 - DAB vs FM Stereo
 - DAB vs FM Mono
- Frekvens för FM 100 MHz och dito för DAB 200 MHz. Dessa ligger nära mitten av resp band, (FM 87.5-108, DAB 174-240).
- En förenklad modell av dagens FM-nät med fyra storlekar av stationer.
- Ett tolkning av det DAB-nät som Teracom föreslagit, detta med fem storlekar av stationer, fyra av dessa är samma som för nuvarande FM-nätet och en extra i huvudsak baserad på de DVB-T-sändare som idag inte är bestyckade med FM-radio.
- Uteffekter baserade på existerande i FM-nätet och uppgivna effekter från Teracom och leverantören Harris som enligt uppgift levererar till Teracom.
- FM och DAB mottagarnas känslighet uttryck i dBm har tagits från teknisk dokumentation från den engelska marknaden.^{16 17}
- Sprötantenn, slarvigt utdragen dvs inte riktigt fullt ut för både FM och DAB. Här har samma prestanda antagits (antennförstärkning -8 dBi)¹⁸
- Väggdämpning ca 14 dB, motsvarande kontors eller bostadshus byggda före ca 2000.¹⁹

¹⁶ "Prediction of the 'useable' coverage of FM radio services", Ofcom, 2305/FMC/R/1/2.0, June 10, 2010

¹⁷ "Minimum specifications for DAB and DAB+ personal and domestic digital receivers", Digital Radio Action Plan Report, V1.1, June 13, 2013, Department for Culture, Media and Sport, UK Government

¹⁸ "BBC Research Department Report, Antennas for portable VHF-FM receivers", RDC Thoday, BBC RD 1990/1

- Standardavvikelsen pga lokalt terrängvariationer antages vara 7 dB (en vanlig siffra, branschstandard).
- Räckvidd enligt ITU-R-rapporten P.1546 (mottagning beräknad för 10 meters höjd).
- En notering om att regionerna kör i sk SFN-mode och att dessa bör ha mindre än 60-70 kilometer mellan sändarna. Detta kan ibland bli svårt att uppnå.

Diskussion:

- Eftersom täckningen inte upprepas med samma yta per sändarstation (färre master för FM) så kommer de små volymer av vita fläckar som alltid dyker upp att förekomma på olika ställen för FM resp. DAB.
- Analysen bortser från nya väl isolerade hus med energiglas i fönstren. Inne i dessa kommer täckningen ofta att vara undermålig.
- Utfallet är känsligt för variation av effekter och masthöjder för de mindre stationerna som adderats relativt FM-nätet.

Slutsatser:

- Analysen konfirmerar i huvudsak parametrarna Teracom's förslag.
- Bedömningen från Teracom om hur många mindre, kompletterande stationer som behövs är signifikant optimistisk vid en jämförelse med FM-mono. För FM-stereo matchas yttäckningen väl.

¹⁹ Samma som fotnot 1.

DAB versus FM-Stereo comparison

[1] ETSI TR 101 758 V2.1.1 (2000-11), Page 13, Section 8, Table 1, Variable "Received power into receiver"

[2] 3GPP TR 43.030 V12.0.0 (2014-09), Page 16, Annex A.2, Footnote 2)

[3] <http://www.teracom.se/Sandarinformation/Frekvenstabeller/?rt=sr®ion=ALL&ft=radio>

Option 2

	Frequency (MHz)	Type of station	TX height "hb" (m)	RX height "hm" (m)	ERP (kW)	ERP (dBm)	RX sensitivity (dBm)	RX antenna gain (dB)	Indoor loss (dB)	Isotropic path loss 50% (dB)	Log-normal standard deviation (dB)	Correction factor for 75% location probability	Isotropic path loss 75% (dB)	Range 75% (ITU-R P.1546) (km)	Number of towers	Area coverage (ITU-R P.1546) (km ²)
FM	100	Very large	300	1,5	60	77,78	-80	-8	14	135,78	7	0,6745	131,06	58	37	391028
	100	Mid-size	150	1,5	20	73,01	-80	-8	14	131,01	7	0,6745	126,29	34	11	39948
	100	Small	100	1,5	5	66,99	-80	-8	14	124,99	7	0,6745	120,27	21	14	19396
	100	Very small	50	1,5	0,3	54,77	-80	-8	14	112,77	7	0,6745	108,05	8	114	22921
DAB	200	Very large	300	1,5	20	73,01	-92,2	-8	14	143,21	7	0,6745	138,49	56	37	364525
	200	Mid-size	150	1,5	10	70,00	-92,2	-8	14	140,20	7	0,6745	135,48	37	11	47309
	200	Small	100	1,5	5	66,99	-92,2	-8	14	137,19	7	0,6745	132,47	27	14	32063
	200	Very small	50	1,5	0,5	56,99	-92,2	-8	14	127,19	7	0,6745	122,47	12	114	51572
Additional towers	200	Very small	50	1,5	0,5	56,99	-92,2	-8	14	127,19	7	0,6745	122,47	12	420	190004

Source

[3]

[1]

[2]

[2]

[3]

Accumulated area, all stations

FM 473293

DAB 685474

Relative area DAB/FM 1,45

Total number of 50m stations needed to cover the difference in coverage for 300m, 150m and 100m stations -49

Number of 50m stations needed in addition to existing number of 50m stations -469

	ERP/station (kW)	ERP total	Power drain	4 FM ch	DAB/FM ratio
FM	14,5	2544	606	2423	0,27
DAB	1,99	1187	659		

DAB versus FM-Mono comparison

[1] ETSI TR 101 758 V2.1.1 (2000-11), Page 13, Section 8, Table 1, Variable "Received power into receiver"

[2] 3GPP TR 43.030 V12.0.0 (2014-09), Page 16, Annex A.2, Footnote 2)

[3] <http://www.teracom.se/Sandarinformation/Frekvenstabeller/?rt=sr®ion=ALL&ft=radio>

Option 2

	Frequency (MHz)	Type of station	TX height "hb" (m)	RX height "hm" (m)	ERP (kW)	ERP (dBm)	RX sensitivity (dBm)	RX antenna gain (dB)	Indoor loss (dB)	Isotropic path loss 50% (dB)	Log-normal standard deviation (dB)	Correction factor for 75% location probability	Isotropic path loss 75% (dB)	Range 75% (ITU-R P.1546) (km)	Number of towers	Area coverage (ITU-R P.1546) (km ²)
FM	100	Very large	300	1,5	60	77,78	-100	-8	14	155,78	7	0,6745	151,06	108	37	1355811
	100	Mid-size	150	1,5	20	73,01	-100	-8	14	151,01	7	0,6745	146,29	77	11	204892
	100	Small	100	1,5	5	66,99	-100	-8	14	144,99	7	0,6745	140,27	54	14	128252
	100	Very small	50	1,5	0,3	54,77	-100	-8	14	132,77	7	0,6745	128,05	23	114	189457
DAB	200	Very large	300	1,5	20	73,01	-92,2	-8	14	143,21	7	0,6745	138,49	56	37	364525
	200	Mid-size	150	1,5	10	70,00	-92,2	-8	14	140,20	7	0,6745	135,48	37	11	47309
	200	Small	100	1,5	5	66,99	-92,2	-8	14	137,19	7	0,6745	132,47	27	14	32063
	200	Very small	50	1,5	0,5	56,99	-92,2	-8	14	127,19	7	0,6745	122,47	12	114	51572
Additional towers	200	Very small	50	1,5	0,5	56,99	-92,2	-8	14	127,19	7	0,6745	122,47	12	420	190004

Source

[3]

[1]

[2]

[2]

[3]

Accumulated area, all stations

FM 1878412

DAB 685474

Relative area DAB/FM 0,36

Total number of 50m stations needed to cover the difference in coverage for 300m, 150m and 100m stations 3057

Number of 50m stations needed in addition to existing number of 50m stations 2637

	ERP/station (kW)	ERP total	Power drain	4 FM ch	DAB/FM ratio
FM	14,5	2544	606	2423	0,27
DAB	1,99	1187	659		

EFFEKTFÖRBRUKNING SÄNDARE DAB OCH FM RUNDRADIO

I Digitalradiosamordningens plan 5.1.1 sägs: "Ett fullt utbyggt DAB+-nät förbrukar därmed cirka 23 procent av energin som går åt för att driva dagens analoga P1-P4-nät". Siffran ska komma från Teracom som dock anger 25 % (tidigare 30-50%) för en DAB-frekvens jämfört med FM P1-P4 och inte ett fullt utbyggt DAB-nät vilket är fyra frekvenser. Det borde alltså stå 100% och inte 23% i planen om man ska använda Teracoms uppgifter.

I brist på underlag från Teracom kan man titta på vad Harris, ledande tillverkare av sändare för DAB, presenterat.²⁰

Lite formler

P effekt i dBm, E fältstyrka i dBμV/m (sub R receiver, sub T transmitter)

f frekvens i MHz, G antennvinst i dBi - feeder/filter-förlust i dB

För FM har använts f = 98 MHz och för DAB 220 MHz

F(d) funktion av d avstånd mellan sändare och mottagare

$$P_R = E_R - 20(\log f) - 77,2 + G_R$$

$$P_{R_FM} = E_{R_FM} - 117 + G_{R_FM} \quad P_{R_DAB} = E_{R_DAB} - 124 + G_{R_DAB}$$

$$P_T = E_T - 20(\log f) - 77,2 - G_T$$

$$E_R = E_T - F(d) - 20(\log f)$$

$$P_{T_FM} - P_{T_DAB} = E_{R_FM} - E_{R_DAB} - G_{T_FM} + G_{T_DAB}$$

Harris siffror

$$E_{R_FM} = 66^{21} \quad E_{R_DAB} = 58 \quad P_{T_FM} = 70 \quad P_{T_DAB} = 64$$

$$\Rightarrow (\text{om } G_R \text{ FM/DAB lika}) (P_{R_FM} - P_{R_DAB}) = 15 \text{ dB}$$

$$\Rightarrow (\text{om } G_T \text{ antennvinst FM/DAB lika}) (G_{T_DAB} - G_{T_FM}) \text{ feederförlust} = -2 \text{ dB}$$

$$(\text{Ex } 14 \text{ dB inomhusdämpning, } G_R = -10 \text{ dBi, } P_{R_FM} = -75 \text{ dBm, } P_{R_DAB} = -90 \text{ dBm})$$

Nu är nog inte skillnaden i känslighet mellan FM stereo och DAB 15 dB utan snarare 12 dB vilket medför att skillnaden i sändareffekt blir 3 dB i stället för 6 dB.

Harris anger också verkningsgraden för sändare, FM 72% och DAB 30%

Ex energiförbrukning 4 FM 10 kW = 56 kW, 1 DAB 5 kW = 17 kW

Det vill säga en DAB sändares energiförbrukning är 30% av fyra FM sändares.

Med hänsyn till DAB vinst med SFN och förlust pga högre krav på marginal enligt kommentar nedan blir skillnaden i sändareffekt 4 dB istället.

1 DAB 4 kW = 13 kW dvs 23 % av fyra FM sändares.

²⁰ "DAB+ The cost effective Radio transmission", Presentationsmaterial från sändartillverkaren Harris Broadcast, 2013.

²¹ FM Stereo-mottagning

Man kan invända mot att använda FM stereo inomhus som referens. Det finns tre huvudtyper av mottagare:

- 1 HiFi, Hemma bio: stereo inomhus, antennvinst med halvvågsantenn 0 dBi
- 2 Köks-, klock-, fick-radio: mono inomhus antennvinst -16 - -8 dBi
- 3 Bilradio: mono, eventuellt stereo, utomhus, antennvinst - 8dBi

FM mono har 20 dB bättre känslighet än FM stereo så det svåra fallet 2 blir lättare för FM att klara av. Skillnaden i känslighet mellan FM och DAB blir inte -12 dB utan +8 dB vilket medför att skillnaden i sändareffekt blir -16 dB istället för +4 dB.

Ex energiförbrukning 4 FM 10 kW = 56 kW, 1 DAB 400 kW = 1333 kW

Fall 1 blir nu det svåraste för FM. Antag tex att antennvinsten förbättras med 10 dB (konservativt eftersom det enligt ovan är -8 - -16 dB) jämfört med DAB i fall 2.

Det medför att skillnaden i sändareffekt blir -6 dB istället för +4 dB.

Ex energiförbrukning 4 FM 10 kW = 56 kW, 1 DAB 40 kW = 133 kW

Det vill säga en DAB sändare förbrukar 2,4 ggr så mycket energi som fyra FM sändare för samma radiotäckning.

Nu finns det antagligen inte 40 kW DAB sändare (Harris värsta idag är på 10 kW). Man kan då använda sektorantennar eller flera sändarstationer i stället.

Pga utbredningsfaktorn kan en 40 kW sändarstation med 300 m antennhöjd ersättas av fyra sändare i SFN (Single Frequency Network) på 4 kW med 50 m antennhöjd. Det blir dyrare men sparar energi. Dessa fyra DAB sändare förbrukar tillsammans ungefär lika mycket energi som fyra FM sändare för samma radiotäckning.

I praktiken mellan 1 - 2 ggr mer energiförbrukning för DAB pga att sändarstationerna inte ligger optimalt och man använder olika effekter och antennhöjder. Man kan gissa att ett DAB-nät med en mux (frekvens) förbrukar 50% mer än ett FM-nät med fyra frekvenser om båda näten är optimerade för låg energiförbrukning och har samma radiotäckning. Ett fullt utbyggt DAB-nät med fyra muxar förbrukar sex ggr så mycket energi som ett FM-nät med fyra frekvenser.

Kommentarer

BER 10^{-4} används i DAB specifikationer. DCMS tycker att det motsvarar 1 hörbart fel var 10 sek. Om det är så är det nog sämre audiokvalitet än 40 dB S/N på FM.

DAB kurvan är brantare än motsvarande för FM så det också kan vara lämpligt att ha mer marginal för DAB. Speciellt för lägre bithastigheter, tillsammans 3 - 6 dB.

Om man för DAB använder SFN (Single Frequency Network) så kan det kanske ge en förstärkning på upp till 4 - 7 dB, lägre i gränsområden.

Sammantaget +1 dB vinst för DAB som använts i exemplen ovan.

I beräkningarna ovan har samma G_T antennvinst används för FM och DAB. Eventuellt har DAB antennen högre vinst. Kanske är det inräknat i Harris siffra men att feeder/filter-förlusterna är större så det sammantaget blir -2 dB.

Dock sannolikt att man i nya stationer för DAB har en sämre och lägre antenn.

EFFEKTFÖRBRUKNING MOTTAGARE DAB OCH FM RUNDRADIO

I Digitalradiosamordningens plan 5.1.1 påstås att en DAB-mottagare i snitt drar mindre effekt än en FM-mottagare, 3,75 watt jämfört med 4,69 watt, vilket medför att en övergång till DAB sparar 1 344 MWh/år för hushållen. Teracom skriver också på sin hemsida och i broschyr (Digital radio) att en DAB-mottagare drar 20% mindre effekt än en FM-mottagare.

För någon som är det minsta insatt i konstruktion av DAB/FM-mottagare är resultatet helt orimligt. Till skillnad från en enkel FM-mottagare kräver en DAB-mottagare en mycket avancerad signalbehandling som drar en hel del ström. Man hänvisar till en engelsk undersökning som mycket ofullständigt redovisas av DCMS; Department of Culture, Media and Sport, UK. Den är gjord av Intertek (Technical Report 101092233MKS-001b).

Tyvärr så har man helt feltolkat denna för övrigt mycket bristfälliga undersökning där speciellt de viktade medelvärdena är missvisande.

Intertek har mätt på olika typer av apparater på den brittiska marknaden 2010, 2011 och 2013. De skillnader man funnit beror nästan alltid på helt andra saker än skillnader mellan DAB och FM teknologi. Det är olika apparater med olika egenskaper. I Digitalradiosamordningens plan 5.1.1 används bara mätningar från 2013 trots att det då inte finns med någon ren FM-apparat alls som hör till gruppen Tabletop/portables, dvs som kan gå på batteri förutom elnät. Det finns däremot med sådana 2010 och 2011 och deras effektförbrukning mättes till 1,18 watt vid nätdrift och 0,81 watt i standby så tydligen drar själva FM-radion inte mycket ström utan det är nog tex batteri-eliminators som drar det mesta. DAB-apparater i samma grupp 2010-2011 drar 3,14 watt och 2013 2,04 watt.

Som exempel på bra FM och DAB Tabletop/portables på svenska marknaden 2015 kan man ta två apparater från Sony:

DAB: XDR-S40DBP (marknadens bästa 2015?) går 13 timmar på 4 AA batterier

FM: ICF-S22 går 110 timmar på två AA batterier dvs 220 timmar på 4 AA batterier

Det innebär c:a 1,2 watt för DAB och 0,1 watt för FM.

Som framgått av ovanstående så kommer inte hushållen alls att spara el vid byte till DAB från FM, tvärtom. Den stora skillnaden ligger dock inte i att DAB drar mer ström utan att nyare apparater, framför allt av HiFi och hemmabio typ har nya funktioner som alla drar ström, exempel: Digital signalbehandling för avancerade filter, kraftigare förstärkare, USB-, Ethernet-, och WiFi-anslutningar, Dolby/DTS avkodare, iPod docka, stor display, video-funktioner mm.

Detta kan man delvis se i Interteks undersökning i gruppen Mini/Micro/audio 2013 där effektförbrukningen för apparater med DAB är 10,48 watt medan den för de med bara FM är 4,16 watt.