

Rapport

Kostnadsberäkning för bredbandstäckning i 800 MHz-bandet

Stockholm, september 2010

Netlight Consulting AB
www.netlight.se

Södermälärstrand 27b
118 25 Stockholm
Tel +46 8 616 99 40

Org nr 556575-6227
Bankgiro 5284-1368

Sammanfattning

Post- och telestyrelsen har till uppgift att tilldela tillstånden i 800 MHz-bandet. I samband med tilldelningen kommer krav på täckning ställas för att ge bredband till hushåll och verksamhetsställen som i dagsläget helt saknar möjlighet till att få tillgång till bredband. Netlight Consulting AB har som en del av detta arbete gjort en beräkning och analys av kostnaden för att använda 800 MHz-bandet och LTE för att täcka de hushåll och verksamhetsställen som i dagsläget saknar tillgång till bredband.

Modellberäkningarna i denna rapport visar att kostnaden för utbyggnad i 800 MHz-bandet med LTE framförallt styrs av räckvidden som en basstation antas ha under de förhållanden som råder i svensk skog. För en antagen räckvidd om 5,3 km täckningsradie från en basstation och 100 % täckta hushåll och verksamhetsställen blir kostnaden för utbyggnad 334 – 420 MSEK. Den lägre siffran motsvarar kostnaden för en operatör som har befintlig infrastruktur i form av t ex GSM-basstationer som delvis kan återanvändas för LTE i vissa av de områden som skall täckas. Den högre siffran motsvarar kostnaden för en på marknaden ny operatör. Det finns dock en mycket stor osäkerhet kring vilken räckvidd LTE 800 faktiskt kommer ha i denna typ av glesbygdsmiljö. Olika källor redovisar räckvidder mellan 3,2 och 8,1 km, vilken som väljs har stor påverkan på kostnaden. För att med större säkerhet kunna uppskatta kostnaden skulle även precisionen i räckvidden behöva utredas närmare.

Vidare finns en osäkerhet kring utbyggnad av mobilt bredband till ett litet fåtal (ca 5 st.) svårtillgängliga platser som återfinns i fjällmiljö upp till 10 km från infrastruktur i form av väg och el. Kostnaden är mycket hög och svår att uppskatta samtidigt som det kan antas att dessa platser kan få en mer kostnadseffektiv lösning än LTE 800. Dessa platser är exkluderade från resultaten.

Innehåll

1	Bakgrund.....	3
1.1	Netlights uppdrag från PTS	3
1.2	Metodik	3
1.3	Begrepp och definitioner	4
1.4	Förutsättningar	4
2	Indata / Antaganden	5
2.1	Indata	5
2.1.1	Befolkningsunderlag	5
2.1.2	Mastpositioner	5
2.1.3	Utbyggnadskostnad	5
2.1.4	Täckning.....	5
2.2	Antaganden.....	6
2.2.1	Täckningsradie	6
2.2.2	Utbyggnadsscenarier.....	8
2.2.3	Kapacitet	8
3	Resultat.....	9
3.1	Totalkostnad	9
3.2	Täckningsgrad	10
3.2.1	Väletablerad operatör	10
3.2.2	Ny operatör	11
3.3	Känslighetsanalys	11
3.3.1	Basstationskostnad	11
3.3.2	Räckvidd	12
3.3.3	Kostnad för att täcka de sista procenten	12
3.3.4	Extremfall	13
4	Slutsats	14
5	Referenser.....	15
6	Appendix A – Länkbudget.....	16
7	Appendix B – Modell.....	17
7.1	Kostnad	17
7.1.1	Avstånd till infrastruktur	17
7.1.2	Terräng.....	17
7.2	Algoritm	18

1 Bakgrund

Regeringen har gett PTS i uppdrag att ge förslag på hur tillgången till bredband kan säkerställas i alla delar av landet med hjälp av frekvenstilldelning. PTS har även utrett möjligheten att på relativt kort sikt skapa tillgång till bredband för de som idag saknar detta. Av de band som PTS kommer att tilldela under de närmaste åren har 800 MHz-bandet identifierats som det band som är lämpligast att förena med någon typ av täckningskrav, dels beroende på bandets yttäckande egenskaper, dels på de goda förutsättningarna för utbyggnad av nät för mobilt bredband av hög kvalitet. PTS har därför föreslagit att man skall inkludera ett täckningsvillkor i samband med tilldelningen av 800 MHz-bandet. Målet med detta täckningsvillkor är att det skall bidra till att uppnå målet i regeringens bredbandsstrategi om att alla skall ha tillgång till bredband. Täckningskravets utformning innebär att den operatör som får ett tillstånd i en viss del av 800 MHz-bandet ska reservera medel för att öka tillgången till bredband till de hushåll och arbetsställen som idag saknar tillgång till bredband.

1.1 Netlights uppdrag från PTS

Netlight Consulting AB har anlåtats för att för PTS räkning göra en utredning bestående av beräkning av kostnaden för att bygga ut bredband i 800 MHz-bandet med LTE till de hushåll och verksamhetsställen som idag saknar möjlighet att få detta. Utredningen består av en modellberäkning där antalet basstationer som behöver byggas respektive uppgraderas ligger till grund för totala kostnaden. I samband med detta görs också en rimlighetsbedömning av kostnaderna för uppgradering respektive nybyggnation av basstation innan de används i beräkningarna. Uppdraget innefattar ej framtagandet av en räckviddsmodell för LTE 800 och inte heller en kvalitetsgranskning av befolkningsunderlag tillhandahållet av PTS.

1.2 Metodik

Arbetet med att ta fram nätbyggnadskostnaden följer huvudsakligen följande steg:

1. Rimlighetsbedömning av indata
2. Design av modell för nätutbyggnad
3. Implementation av verktyg för kostnadsberäkning av nätutbyggnad
4. Simulering av olika utbyggnadsscenarier
5. Känslighetsanalys

Modellen för nätutbyggnad utformas för att i möjligaste mån efterlikna hur operatörer arbetar i samband med utbyggnad av yttäckning (se appendix B, kapitel 7).

1.3 Begrepp och definitioner

Nedan beskrivs de begrepp som används i rapporten.

Begrepp	Definition
Basstation	Begreppet basstation används i den allmänna betydelsen mast med tillhörande radioutrustning och begränsas alltså inte till specifika standarder.
LTE 800	Long Term Evolution – en teknologi för mobila kommunikationsnät som tillåter höga datahastigheter till mobila användare. LTE 800 innebär att 800 MHz-bandet, som tidigare användes för analoga TV-sändningar, utnyttjas.
Hushåll	Stadigvarande bostad för en eller flera personer som skall täckas enligt kraven. Varje hushåll beräknas i snitt bestå av 2 personer i modellberäkningarna (SCB, 2010).
Verksamhetsställe	Plats för verksamhet som skall täckas enligt kraven.
Väletablerad operatör	En väletablerad operatör motsvarar en operatör som har ett relativt väl utbyggt nät med god täckning i andra frekvensband, som t ex 900 MHz-bandet, i de områden som är aktuella och därmed kan uppgradera befintliga basstationer i många fall istället för att göra nybyggnationer.
Ny operatör	En ny operatör motsvarar en operatör som ej har någon infrastruktur i de aktuella områdena och således behöver bygga helt ny basstationer.
Täckningsgrad	I denna rapport används begreppet täckningsgrad som andelen täckta hushåll och verksamhetsställen i procent, dvs detta har ej något med yttäckning att göra.

1.4 Förutsättningar

Denna rapport förutsätter att LTE teknologi i 800 MHz-bandet används för utbyggnaden av bredband till de aktuella hushållen och verksamhetsställena. Denna förutsättning bygger på indikationer från tillverkare och operatörer som pekar på att LTE är den teknologi som först kommer ut på marknaden i 800 MHz-bandet. Vidare förutsätts att tillstånden som delas ut till operatörerna är på 2x5 MHz. Kravet som skall uppnås är att slutanvändaren får tillgång till datakommunikationstjänster i minst ett rum i hushållet eller på det fasta verksamhetsstället, så att de kan ta emot tjänsten med en bithastighet om 1 Mbit/s (1.0 Mbit/s som högsta hastighet, 0.75 Mbit/s snitt över 24 h, 0.5 Mbit/s i worst case över 4 h). Modellen beräknas på utomhustäckning då en antenn på utsidan huset anses som en fungerande lösning för mottagning av bredband. Utöver detta görs beräkningarna med två fiktiva operatörer där en motsvarar den operatör som har högst täckningsgrad ("Väletablerad operatör") i dagsläget och den andra motsvarar en ny operatör ("Ny operatör") på marknaden.

2 Indata / Antaganden

2.1 Indata

2.1.1 Befolkningsunderlag

Underlag som specificerar var de hushåll respektive arbetsplatser som saknar möjlighet att få bredband via existerande kommunikationsnät (Fiber, kabel-TV, ADSL, CDMA2000 eller UMTS) finns har tillhandahållits av PTS. Befolkningsunderlaget är indelat i rutor om 250x250 m och redovisar hur många personer som är skrivna inom rutan samt antalet arbetsställen med verksamhetsadress inom rutan. För att avgöra antalet hushåll har antalet personer delats med 2, vilket är det genomsnittliga antalet personer per hushåll i Sverige enligt SCB (SCB, 2010).

2.1.2 Mastpositioner

Mastpositioner för scenariot "väletablerad operatör" har tillhandahållits av PTS. Denna information är inte offentlig och återfinns därför inte i denna rapport.

2.1.3 Utbyggnadskostnad

Som grund för kostnaden har PTS rapport "Schablonberäkning av kostnad för täckning som medger minst 2 Mbit/s" använts (Post- och telestyrelsen, 2009). Kostnadsuppgifterna för radioutrustning har verifierats med leverantörer som anger att skillnaden mellan LTE och UMTS är relativt liten vid nybyggnation. Följaktligen används kostnaderna för nybyggnation utan justering (förutom avrundning till rimligt antal värdesiffror). Uppgradering av en existerande basstation med LTE bedöms dock vara mer kostsamt än vad som anges i PTS schablonberäkning för uppgradering till HSPA. Den tyngst vägande faktorn är att LTE tillåter avsevärt högre bandbredder vilket innebär att existerande transmission som regel är otillräcklig. Uppgraderingskostnaden uppskattas till 300 000 kr, varav inköp och installation av ny radioutrustning står för 200 000 kr och transmission för resterande kostnad. Kostnaderna är alla angivna exklusive moms.

2.1.4 Täckning

Inom uppdragets omfattning har det inte varit möjligt att ta fram en tillförlitlig modell för att avgöra vilken täckning LTE 800 kan erbjuda i svensk glesbygd. De existerande modeller som finns tillgängliga visar dessutom på mycket olika resultat. Analysen genomförs därför för tre olika täckningsmodeller (se avsnitt 2.2.1) baserade på två olika källor:

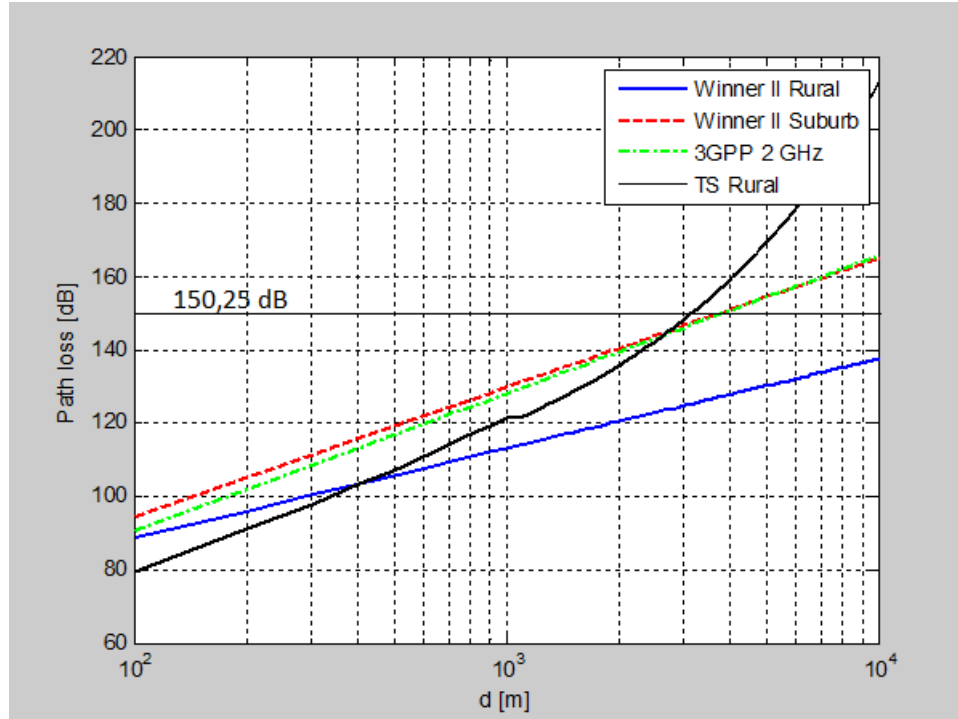
- Utilization of the 800 MHz band (790-862 MHz) band for LTE in sparsely populated areas (TeliaSonera AB, 2008)
- Propagation Loss Tables (EBU Technical, 2009)

2.2 Antaganden

2.2.1 Täckningsradie

Maximalt tillåten Path Loss för att erbjuda bredband via LTE uppskattas till 150,25 dB (se appendix A). Det är värt att notera att det är minimikravet för tillförlitlig upplänk som sätter begränsningen och att prestanda för nedlänk därmed kommer att vara bättre än de 1 Mbps som är minimikravet för bredband även vid maximalt avstånd till basstationen.

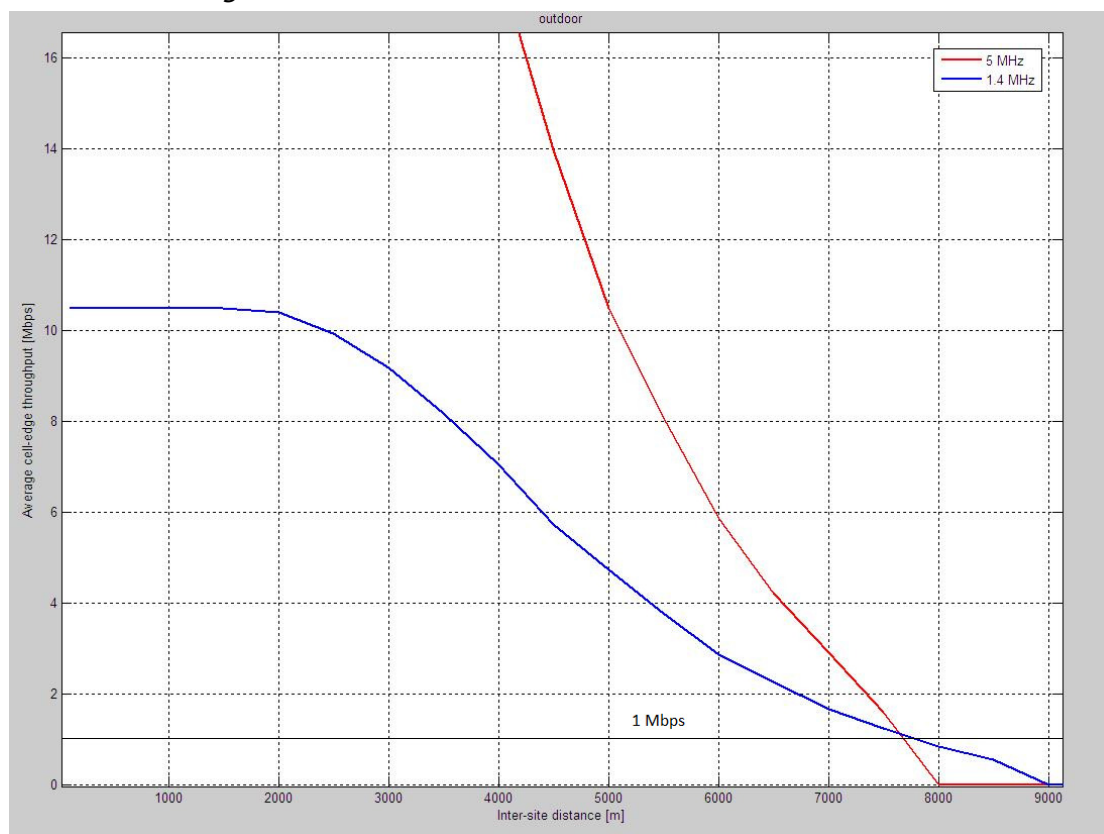
2.2.1.1 Täckningsradie modell 1



Figur 1 - Path Loss som funktion av avstånd för LTE 800 (TeliaSonera AB, 2008)

Kravet på länkbudget enligt Appendix A ger i figuren ovan en maximal räckvidd på ca 3,1 km vid 30 m masthöjd. Vid den masthöjd på 42 m som används i kostnadsberäkningarna bedöms räckvidden vara **3,2 km**.

2.2.1.2 Täckningsradie modell 2



Figur 2 – Bandbredd som funktion av Inter-site Distance för LTE 800 (TeliaSonera AB, 2008)

Vid 1 Mbps bandbredd kan en Inter-site Distance på ca 7800 m utläsas ur figuren ovan (för det mest gynnsamma fallet med 1,4 MHz bärvåg). Detta gäller vid 30 m masthöjd, för de 42 m master som används vid kostnadsberäkningar bedöms Inter-site Distance bli ca 8000 m. Detta motsvarar en största räckvidd på 5,3 km i antennens mest fördelaktiga riktning. Då antalet användare på randen av täckningsområdet är litet, och deras position är känd då basstationen byggs, antas att antennerna kunna riktas så att den maximala räckvidden på **5,3 km** kan användas i kostnadsberäkningarna även om den genomsnittliga radien är mindre än så.

2.2.1.3 Täckningsradie modell 3

Den modell som presenteras av EBU ger en räckvidd på ca **8,1 km** vid 150,25 dB path loss och 42 m masthöjd (EBU Technical, 2009).

2.2.1.4 Modellernas rimlighet

Spridningen mellan största och minsta värde för täckningsradie är som synes mycket stor beroende på vilken modell som används. I Netlights uppdrag har inte ingått att ta fram en mer tillförlitlig modell eller att avgöra vilken modell som är mest trovärdig. Följande tabell summerar dock kända brister och frågetecken kring respektive modell.

Modell	Källa	Räckvidd	Kommentar
1	TS	3,2 km	Denna modell använder den jämförelsevis pessimistiska modell för dämpning i tät skog som presenteras av TeliaSonera

			(TeliaSonera AB, 2008).
2	TS	5,3 km	Jämfört med modell 1 görs ett antal antaganden som leder till något större radie: - Kontinuerlig täckning - Nedlänk som begränsande faktor - Mer optimistiska antaganden i länkbudget Det kan ifrågasättas om dessa antaganden är rimliga för det aktuella scenariot.
3	EBU	8,1 km	Denna modell tar ingen speciell hänsyn till tät skog

Den största skillnaden är den avsevärt högre dämpning som används i modell 1 och 2. Det kan ifrågasättas om skillnaden mellan glesbygd i Sverige och övriga Europa (modell 3) verkligen är så stor. Sannolikt ligger svaret någonstans mellan 3,2 och 8,1 km och vi väljer därför att i första hand använda resultatet från modell 2 (5,3 km) som bas för diskussioner även om denna modell i sig inte är mer rättvisande.

2.2.2 Utbyggnadsscenarier

I den mer konservativa av de räckviddsbedömningar som används ger ytterligare mastehöjd relativt liten nytta. Därför har all nybyggnation beräknats med den lägsta mastehöjden (42 m) i rapport från PTS (Post- och telestyrelsen, 2009).

Basstationer inom 250 meter från närmaste användare antas ha tillgång till väg och ström inom 250 m lätt terräng. Kostnad 1,1 miljon kr.

Basstationer inom 1000 meter från närmaste användare uppskattas kunna byggas på plats med lätt terräng då det finns stor möjlighet att justera valet plats pga få användare på långt håll. Kostnad 1,6 miljoner kr.

Basstationer mer än 1000 meter från närmaste användare antas behöva byggas i svår terräng till en kostnad av 3 Mkr. Detta blir dock aldrig aktuellt med nuvarande befolkningsunderlag då det i samtliga föreliggande fall visar sig möjligt att i stället bygga två basstationer på platser med bättre förutsättningar till lägre kostnad.

2.2.3 Kapacitet

Förutsättningarna specificerar även att ett kapacitetsmål skall uppfyllas. Då räckvidden begränsas av upplänken är dock nerlänkskapaciteten relativt god även vid maximal räckvidd, uppskattningsvis ca 5 Mbps (för räckviddsmodell 1 och 3). Därmed kan varje basstation hantera ett relativt stort antal användare även om de befinner sig på maximalt avstånd. Med undantag för enstaka fall vid räckvidden 8,1 km finns inga basstationer som har ett så stort antal användare på långt avstånd att kapaciteten kan förväntas bli ett problem. Då det dessutom föreligger kommersiella skäl att bygga ut vid kapacitetsbrist väljer vi att bortse från kapacitetsfrågan vid kostnadsberäkningarna.

3 Resultat

Resultatet av beräkningarna baseras på två fiktiva operatörer:

- Väletablerad operatör
- Ny operatör

Den väletablerade operatören motsvarar en operatör som har ett relativt väl utbyggt nät med god täckning i andra frekvensband, som t ex 900 MHz-bandet, i de områden som är aktuella och därmed kan uppgradera befintliga basstationer i många fall istället för att göra nybyggnationer. Den nya operatören motsvarar en operatör som ej har någon infrastruktur i de aktuella områdena och således behöver bygga helt nya basstationer.

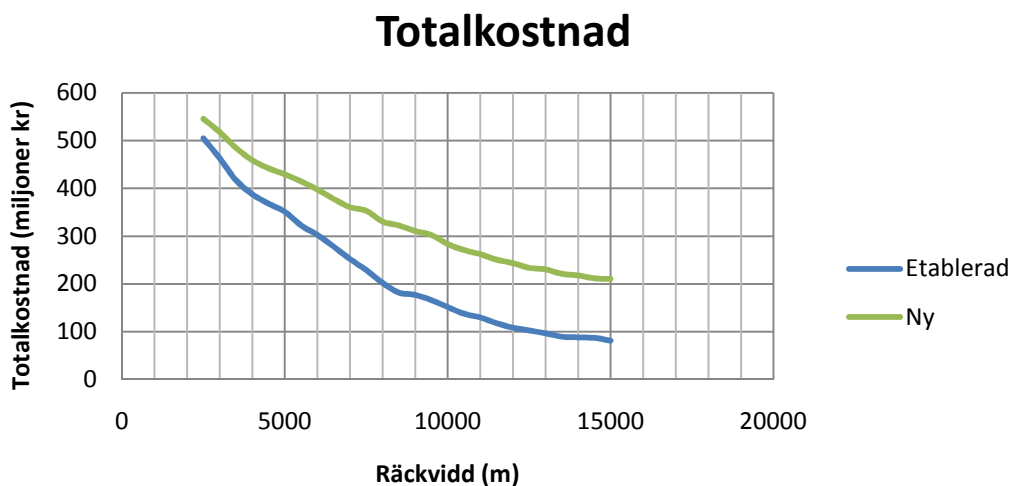
Utöver detta är fokus i beräkningarna lagt på de tre räckvidderna

- 3,2 km
- 5,3 km
- 8,1 km

enligt tidigare antaganden.

3.1 Totalkostnad

Totalkostnaden för att förse samtliga (100 %) av de 1498 sista hushållen och de 1256 sista verksamhetsställena med bredband genom att använda LTE 800 har beräknats för de båda fiktiva operatörerna "Väletablerad" och "Ny". Simuleringar har körts i räckviddsintervallet 2 till 15 km, med en steglängd på 500 m, detta för att få en överblick över räckviddens påverkan på totalkostnaden.



Totalkostnad	Räckvidd 3,2 km	Räckvidd 5,3 km	Räckvidd 8,1 km
Väletablerad	434 MSEK	334 MSEK	195 MSEK
Ny	502 MSEK	420 MSEK	330 MSEK

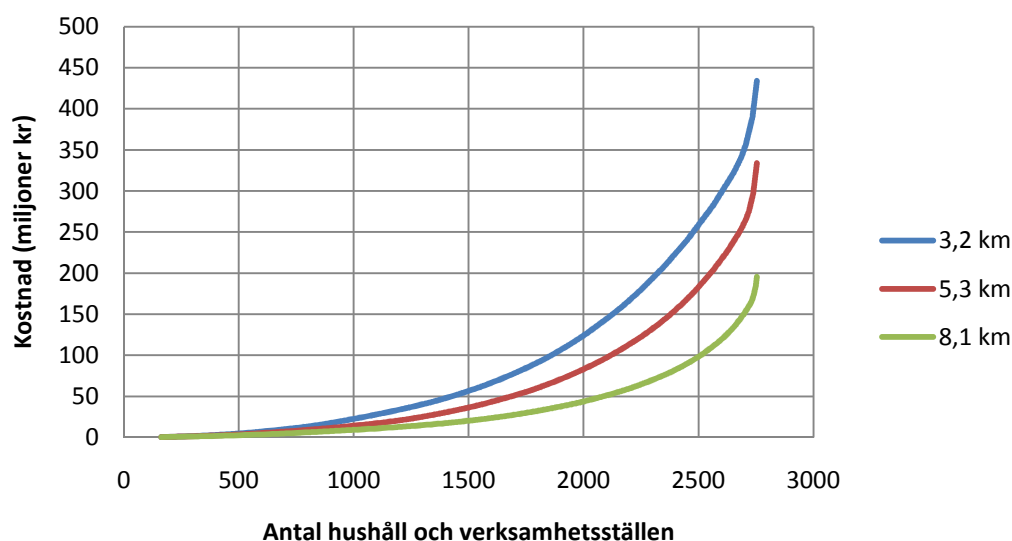
3.2 Täckningsgrad

Modellen som används är "girig" d v s att den alltid söker efter den punkt i Sverige som ger flest täckta hushåll och arbetsställen till lägsta kostnaden. Detta simulerar i stor mån det sätt som en operatör bygger nät. Av denna anledning är det också intressant att notera hur täckningsgraden förhåller sig till kostnaden för utbyggnad.

3.2.1 Väletablerad operatör

Nedanstående diagram och tabell visar en sammanställning av kostnad (MSEK) för en viss täckningsgrad för en väletablerad operatör

Täckningsgrad (Väletablerad operatör)

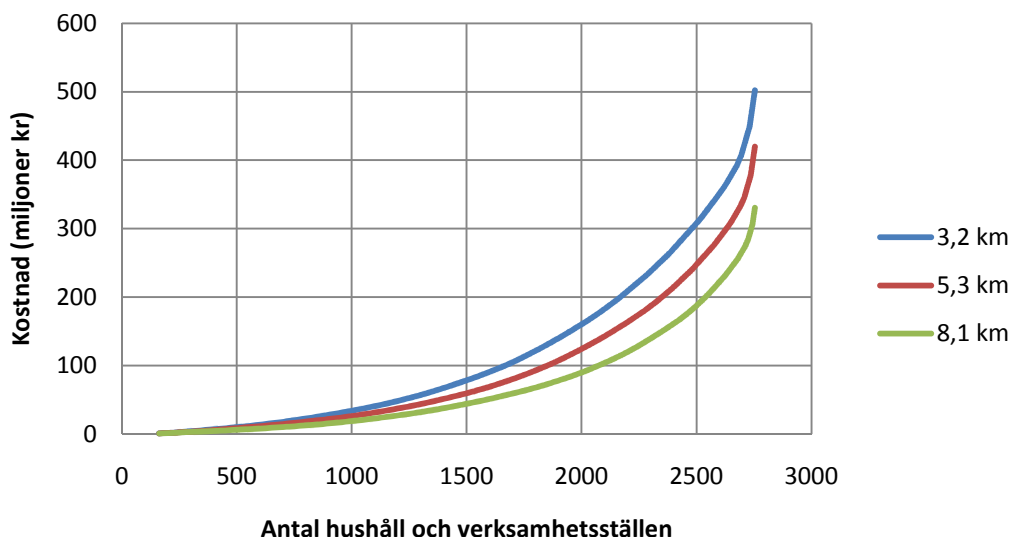


Andel täckta hushåll och verksamhetsställen i procent	Räckvidd 3,2 km	Räckvidd 5,3 km	Räckvidd 8,1 km
50 %	46,1 MSEK	28,5 MSEK	16,8 MSEK
75 %	137,5 MSEK	92,5 MSEK	48,4 MSEK
85 %	205,3 MSEK	141,4 MSEK	74,9 MSEK
100 %	434,2 MSEK	334 MSEK	195,4 MSEK

3.2.2 Ny operatör

Nedanstående diagram och tabell visar en sammanställning av kostnad (MSEK) för en viss täckningsgrad för en ny operatör

Täckningsgrad (Ny operatör)



Andel täckta hushåll och verksamhetsställen i procent	Räckvidd 3,2 km	Räckvidd 5,3 km	Räckvidd 8,1 km
50 %	64,9 MSEK	49,5 MSEK	36,3 MSEK
75 %	174,6 MSEK	136,2 MSEK	99 MSEK
85 %	250,3 MSEK	197,6 MSEK	147,9 MSEK
100 %	502,1 MSEK	419,8 MSEK	330,4 MSEK

3.3 Känslighetsanalys

De finns huvudsakligen två faktorer som påverkar kostnaden, dels basstationskostnaden och dels räckvidden (som indirekt bestämmer antalet basstationer).

3.3.1 Basstationskostnad

Totalkostnaden ökar i proportion till basstationskostnaden, dvs. en 10-procentig ökning i basstationskostnad resulterar i en 10-procentig ökning av totalkostnaden. Osäkerheten i dessa kostnader bedöms som relativt liten.

Eventuella brister i antaganden kring avståndet från infrastruktur (el och väg) riskerar att få större genomslag. T.ex. kostar en basstation i svår terräng 1000 m från infrastruktur närmare tre gånger så mycket som en i lätt terräng 250 m från infrastruktur. Ett stort antal av de mastpositioner som modellen väljer har dock kontrollerats manuellt och mycket få fall där de antaganden som gjorts inte är rimliga har kunnat hittas. Dessa undantag diskuteras separat nedan.

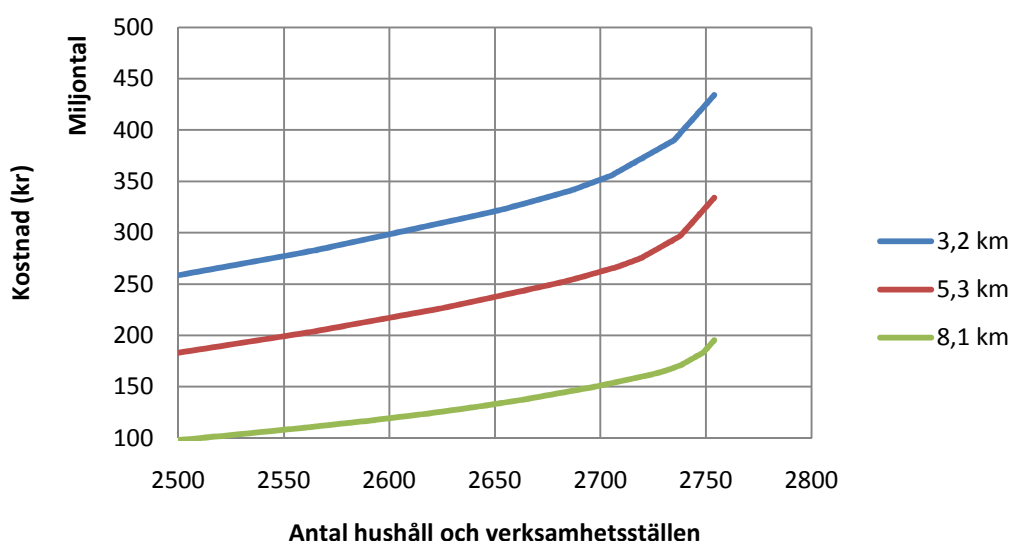
3.3.2 Räckvidd

Räckvidden har relativt stort genomslag på totalkostnaden och osäkerheten i räckviddsuppgifterna är dessutom mycket stor. Exempelvis varierar kostnaden för en etablerad operatör mellan 195 Mkr och 434 Mkr (+123 %) inom det intervall som ges mellan de olika räckviddsmodeller som är aktuella. För att kunna ge mer tillförlitliga resultat måste precisionen i räckviddsmodellen höjas.

3.3.3 Kostnad för att täcka de sista procenten

För de sista procenten av användare blir kostnaden för utbyggnaden rejält mycket dyrare per användare. Detta beror på att områdena som täckning byggs i är extremt glesbefolkade och att det i vissa fall blir aktuellt med en helt egen basstation för endast en användare. Effekten på totala kostnaden blir därför också stor för dessa fall som syns i figuren nedan.

Täckningsgrad (Väletablerad operatör)



Diagrammet visar kostnadsstegringen för utbyggnad av LTE 800 till de sista 250 möjliga användarna. Tabellen nedan visar kostnaden per användare för de första 2500 användarna samt de sista 250 användarna.

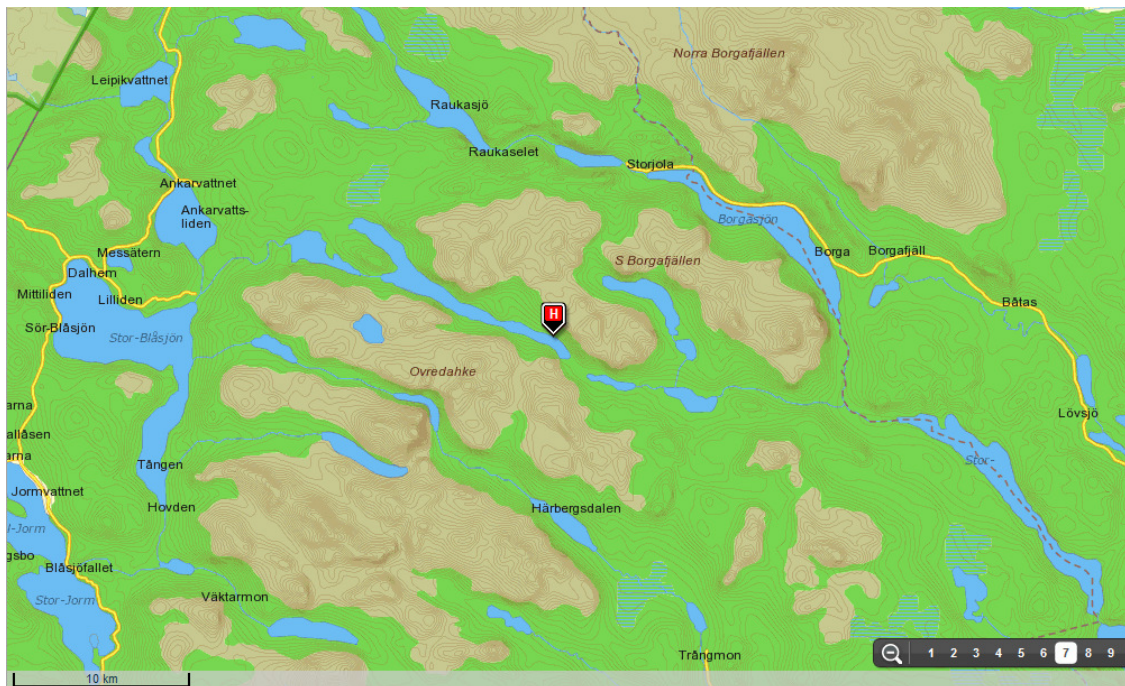
Räckvidd	Kostnad / anv. första 2500	Kostnad / anv. sista 250
3,2 km	259 M / 2500 ≈ 104 000 SEK/anv.	(434 - 259 M) / 250 ≈ 700 000 SEK/anv.
5,3 km	183 M / 2500 ≈ 73 000 SEK/anv.	(334 - 183 M) / 250 ≈ 604 000 SEK/anv.
8,1 km	92 M / 2500 ≈ 37 000 SEK/anv.	(195 - 92 M) / 250 ≈ 412 000 SEK/anv.

Detta fenomen torde dock ej bli lika stort i verkligheten då alternativa möjligheter till utbyggnad än LTE 800 måste beaktas till dessa användare.

3.3.4 Extremfall

Då resultaten innehåller ett relativt litet antal basstationer finns det goda möjligheter att manuellt verifiera att modellen ger rimliga svar. En handfull undantag har kunnat hittas. I några fall handlar det om att antagandet att en basstation som planeras inom 250 m från en användare har enkel tillgång till el inte har kunnat bekräftas, varför basstationen kommer att bli dyrare än väntat. Denna effekt motverkas dock dels av att motsatt förhållande råder på en del platser och dels av att det som regel finns stora möjligheter att flytta basstationen till en mer fördelaktig plats och ändå kunna täcka alla användare.

En handfull fall har dock hittats där det enligt manuell bedömning vare sig finns el eller väg inom rimligt avstånd. Dessa fall ger en osäkerhet i kostnaden för att bygga ut de sista procenten täckningsgrad. Som exempel har det mest extrema fallet identifierats där förhållandena för att bygga täckning med LTE 800 är mycket dåliga.



Figur 3 - Plats med dåliga förutsättningar för mobiltäckning (bild från eniro)

Vid Värjaren, drygt 100 km väster om Vilhelmina, finns tre hushåll och två verksamhetsställen. Den nätbyggnadsmodell som används placerar masten intill dessa och gör antagandet att el och väg finns. Det framgår dock av kartan att det är minst 10 km till närmaste väg och att det är osannolikt att det finns tillgång till el närmare än så, speciellt som platsen ligger mitt i ett naturreservat. Platsen är inklämd mellan två fjäll, vilket gör att förutsättningarna att täcka området från en plats närmare nödvändig infrastruktur är mycket dåliga. Kostnaden för att bygga mobiltäckning i detta fall är svår att uppskatta men skulle bli mycket hög. Vi har valt att exkludera detta fall från resultaten då det inte bedöms rimligt att utnyttja LTE 800 för att erbjuda bredband på denna plats.

4 Slutsats

Modellberäkningarna visar att kostnaden för att bygga ut bredband till de hushåll och verksamhetsställen som idag saknar bredband uppgår till 334 – 420 MSEK. Den lägre siffran är beräknad för en väletablerad operatör med befintlig infrastruktur i form av basstationer för t ex 900 MHz-bandet i de aktuella områdena. Den högre siffran gäller för en ny operatör utan infrastruktur i de aktuella områdena. Beräkningen av detta totalpris utgår från den antagna räckvidden på 5,3 km för LTE i 800 MHz-bandet och 100 % täckta hushåll och arbetsställen.

Fortsättningsvis visas att den största osäkerhetsfaktorn i utbyggnaden av LTE 800 i glesbyggd är den begränsade information som finns för räckvidd i svensk skog och annan svårtillgänglig miljö. Rapporterna som ligger till grund för räckviddsberäkningarna pekar också åt olika håll vilket slår hårt på den totala kostnaden i de olika fallen.

Utöver detta finns det också en osäkerhetsfaktor i utbyggnad av mobilt bredband till den sista procenten användare av de 2800 hushåll och verksamhetsställen som i dagsläget saknar bredband. För dessa platser finns det i extremfall varken väg eller el inom en mils radie i mycket svår terräng. Modellen använd i denna rapport tar ej hänsyn till dessa specialfall vilket gör att kostnaden för att täcka de sista procenten kan stiga ytterligare. I praktiken kan man dock tänka sig ett scenario där det i dessa fall finns kostnadseffektivare lösningar för bredband än basstationer med LTE 800.

Slutligen då det gäller basstationskostnaden får denna ses som vedertagen då alla källor pekar mot att de är rimliga. Kostnaden för uppgradering och nybyggnationen påverkar också den totala kostnaden linjärt vilket innebär att totalkostnaderna med lätthet kan justeras om kostnaderna för en enskild basstation förändras.

5 Referenser

EBU Technical. (2009). *Propagation Loss Tables, S/SDB 258 rev. 1.*

Post- och telestyrelsen. (2009). *Schablonberäkning av kostnad för täckning som medger minst 2 Mbit/s, PTS-ER-2009:3.* Stockholm: A-focus på uppdrag av Post- och telestyrelsen.

Post- och telestyrelsen. (2009). *Schablonberäkning av kostnad för täckning som medger minst 144 Kbit/s, PTS-ER-2009:9.* Stockholm: A-focus på uppdrag av Post- och telestyrelsen.

SCB. (den 1 Juli 2010). *Antal hushåll efter hushållstyp.* Hämtat från SCB: http://www.scb.se/Pages/TableAndChart____163554.aspx den 1 Juli 2010

TeliaSonera AB. (2008). *ECC SE42(08)093 - Utilization of the 800 MHz band (790-862 MHz) band for LTE in sparsely populated areas.* Geneva: ECC - Electronic Communications Committee.

6 Appendix A – Länkbudget

Sändare	Basstation	Terminal
Uteffekt	46 dBm	23 dBm
Antenngain Tx	18 dBi	0 dBi
Totalt	64 dBm eirp	23 dBm eirp

Mottagare		
Termiskt brus	-173 dBm/Hz	-173 dBm/Hz
Antal resursblock	25 st a 180 kHz	1 st a 180 kHz
Använd BW	4500000 Hz	180000 Hz
Brusfaktor	7 dB	2,2 dB
SNR	0 dB	0 dB
Signal behov mottagare:	-99,46787486 dBm	-118,2472749 dBm

Sändeffekt	64 dBm eirp	23 dBm eirp
Signal behov mottagare:	-99,46787486 dBm	-118,2472749 dBm
Fading margin*	9 dBm	9 dBm
Antenngain Rx	0 dBi	18 dBi
Tillåten path loss	154,4678749	150,2472749

* marginal för att uppnå 95 % lokal ytsannolikhet enligt ITU-R 1546

Path loss för upplänken (150,25 dB) blir den begränsande faktorn.

7 Appendix B – Modell

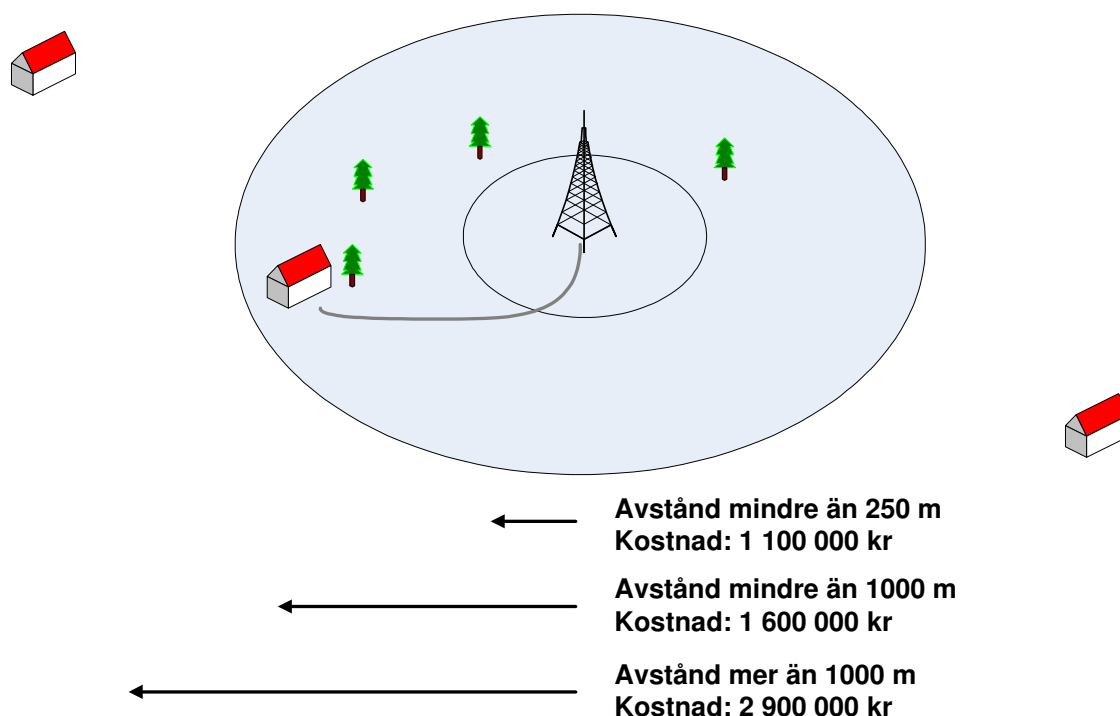
7.1 Kostnad

De två största faktorerna som avgör kostnaden för en nyetablering av en basstation är avståndet till infrastruktur och terrängens egenskaper.

7.1.1 Avstånd till infrastruktur

Med avstånd till infrastruktur menas accessvägens längd dvs. avstånd till närmaste väg för att bygga basstationen och avstånd till energikälla för att driva och förse basstationen med el.

I modellen har vi antagit att de verksamhetsställen och hushåll skall förses med bredband även har tillgång till den infrastruktur som krävs för uppförandet av en ny basstation. Med detta antagande är avståndet till närmaste verksamhetsställe och hushåll det som avgör kostnaden.



I figuren ovan placeras basstationen på ett avstånd som är större än 250 m men mindre än 1000 m från närmaste hushåll eller verksamhetsställe. I detta fall antar vi således att kostnaden är 1,6 Mkr.

7.1.2 Terräng

Då terrängen i omgivningen av majoriteten av hushållen och verksamhetsställena är skog i kuperad miljö är antagandet att terrängen är svår och kostnaden följaktligen hög.

7.2 Algoritm

Modellen söker efter den mest kostnadseffektiva platsen att placera ut en basstation. Då det önskade resultatet är lägsta kostnaden för olika täckningsgrader har kostnadseffektivitet definierats som kostnad för att bygga basstationen genom det totala antalet hushåll och verksamhetsställen inom räckvidden för en basstation. Beräkningen genomförs med följande algoritm:

1. Beräkna hur många av de användare som ännu saknar täckning som kan täckas från varje tänkbar mastposition
2. Beräkna kostnaden för att bygga en basstation i varje tänkbar mastposition (för rutor med existerande mast används i stället uppgraderingskostnaden)
3. Placera ut en basstation i den ruta som täcker flest användare i förhållande till kostnaden
4. Räkna bort de rutor som nu täcks från underlaget
5. Har täckningsmålet uppnåtts? Annars tillbaka till 1
6. Sammanställ statistik – totalkostnad, andel nybyggda basstationer, medelavstånd/maxavstånd till användare samt antal användare per basstation.