


Rapport:
Förstudie - PTS inriktning för
26GHz-bandet
samrådsversion



Förstudie - PTS inriktning för 26GHz-bandet
samrådsversion

Rapportnummer
PTS-ER-2019:26

Diarienummer
19-10366

ISSN
1650-9862

Författare
Maria Aust, Jan Boström, Christian Bygren, Anders Fredriksson, Amela Hatibovic-
Sehic, Rebecca Ideström, Joakim Quensel, Mikael Stern

Post- och telestyrelsen
Box 5398
102 49 Stockholm

08-678 55 00
pts@pts.se
www.pts.se

Innehåll

Sammanfattning	5
1 Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	8
1.3 Metod	8
2 Dagens användning	9
2.1 Användning av 26 GHz-bandet idag	9
2.2 Användning av 28 GHz-bandet idag	10
3 5G-tillämpningar	12
3.1 Vad kan 5G tekniken möjliggöra?	12
3.2 5G i 26 GHz-bandet	13
3.2.1 <i>Industritillämpningar</i>	13
3.2.2 <i>Mobilt bredband</i>	14
3.2.3 <i>FWA – fast trådlöst bredband</i>	15
4 Efterfrågan på 26 GHz-bandet för 5G	16
4.1 Behovsbild frekvenser 5G	16
4.2 Användning	17
4.3 Tilldelningsform	17
5 Delningsproblematik mellan 5G och radiolänk	18
5.1 Inledning	18
5.2 Samexistens mellan 5G i 26 GHz-bandet och radiolänkanvändning i 26 GHz-bandet	18
5.3 Samexistens mellan 5G-användning i 26 GHz-bandet och radiolänk i 28 GHz-bandet	19
6 Fortsatt behov av radiolänk i 26 GHz- och 28 GHz-bandet	21
6.1 Inledning	21
6.2 Mobiloperatörers radiolänkar i 26 GHz-bandet	21
6.3 Övriga radiolänkar i 26 GHz-bandet	22
6.4 Mobiloperatörers radiolänkar i 28 GHz-bandet	22
7 Scenarier för att möjliggöra 5G i 26 GHz-bandet	24
7.1 Tre scenarier	24
7.1.1 <i>Antagande för radiolänk i 26 GHz-bandet</i>	24
7.1.2 <i>Antagande för radiolänk i 28 GHz-bandet</i>	24
7.1.3 <i>Antagande för tillgång till utrustning</i>	27
7.2 Jämförelse mellan de tre scenarierna	27
7.2.1 <i>Före 2026</i>	29
7.2.2 <i>2026 och framåt</i>	30
8 Samhällsekonomisk analys	31
8.1 Metod	31
8.2 Tillämpningar för 5G i 26 GHz-bandet och den därmed associerade samhällsnyttan	33
8.2.1 <i>Industritillämpningar (möjliga i alla scenarier)</i>	33
8.2.2 <i>Mobilt bredband (möjligt i scenario 2 och 3)</i>	35
8.2.3 <i>FWA (scenario 2 men främst i scenario 3)</i>	38
8.3 Kostnader för flytt av radiolänk	38
8.4 Slutsats kring nettonyttan	41
8.4.1 <i>Känslighetsanalys</i>	42
8.4.2 <i>Särskilt om 28 GHz-bandet</i>	43

9	Förslag	44
9.1	Att möjliggöra 5G	44
9.2	Radiolänk i 26 GHz-bandet	45
9.3	Radiolänk i 28 GHz-bandet	46
9.4	Uppdaterad behovsanalys 2022	46
10	Tillstånd	47
10.1	Inledning	47
10.2	Förlängning av tillstånd för fasta länkar (radiolänk)	47
10.2.1	<i>Tillstånd för radiolänk i 26 GHz-bandet</i>	48
10.3	Tillstånd för trådlösa bredbandstjänster (5G)	48
10.3.1	<i>Tillstånd för 5G enbart inomhus</i>	49
10.3.2	<i>Tillstånd för 5G både utom- och inomhus i tätorter</i>	49
10.3.3	<i>Tillstånd för 5G både utom- och inomhus utanför tätorter</i>	50
10.4	Testtillstånd	50
10.4.1	<i>Tillstånd för 5G test</i>	51

Sammanfattning

24,25–27,5 GHz (26 GHz-bandet) är det första riktigt höga frekvensband (ovanför 6 GHz) som tillgängliggörs för mobilt bredband och 5G i Europa. Jämfört med 3,5 GHz-bandet, där den initiala 5G-utbyggnaden förväntas, möjliggör 26 GHz-bandet ännu högre prestanda i form av datahastigheter och överföringskapacitet.

Bandet är harmoniserat för markbundna system som kan användas för bredbandiga elektroniska kommunikationstjänster i unionen, genom kommissionens genomförandebeslut (EU) 2019/784 av den 14 maj 2019. Medlemsstaterna ska anvisa och tillgängliggöra 26 GHz-bandet för markbundna system som kan användas för trådlösa bredbandiga elektroniska kommunikationstjänster senast den 30 mars 2020. Vidare måste medlemsstaterna tillåta användningen av minst 1 GHz av 26 GHz-bandet senast den 31 december 2020. Detta under förutsättning att det finns en tydlig efterfrågan på marknaden och att det saknas betydande hinder för migrering av befintliga användare eller tömning av frekvensband. Medlemsstaterna bör analysera möjligheten att fortsätta driften av fasta länkar i 26 GHz-bandet baserat på delad spektrumanvändning med markbundna trådlösa bredbandstjänster, inklusive 5G.

Syftet med denna förstudie är att göra en bedömning av efterfrågan och eventuella hinder för migrering (flytt) av befintliga användare samt om det finns åtgärder som PTS bör vidta för att möjliggöra utbyggnad av 5G-nät i 26 GHz-bandet.

Idag används 26 GHz- och 28 GHz-banderna till radiolänk. Tillstånden i 26 GHz-bandet gäller som längst till 2023-12-31 och i 28 GHz-bandet gäller tillstånden till och med 2024-12-31. Den framtida 5G-utrustningen för 26 GHz-bandet kan störa användningen av radiolänk i 28 GHz-bandet. Därför har även en studie av detta genomförts.

Även om det idag finns en stor osäkerhet om vilka nya tillämpningar som kommer att realiseras i 5G-näten är förväntningen att de nya möjligheterna på sikt kommer att resultera i många nya tjänster. Idag är det dock mycket svårt att förutse vilka av dessa som kommer att bli framgångsrika och när i tiden. Tillämpningar som t.ex. industriautomation, inomhusnät för intern användning, kapacitetsförstärkning av mobilt bredband och fast trådlöst bredband (FWA) ses som möjliga områden.

Mobiloperatörerna har uttryckt ett bandbreddsbehov på mellan 400 MHz och 1 GHz. Även industrin har uttryckt behov av spektrum. De aktörer PTS träffat har dock inte uttryckt behov av 26 GHz-bandet för 5G i närtid.

Användning av 5G utomhus kan inte samexistera med radiolänk i samma geografiska område i 26 GHz-bandet. Användning av 5G utomhus i 26 GHz-bandet kan inte heller samexistera med radiolänk i 28 GHz-bandet i samma geografiska område. För inomhusanvändning är dock möjligheterna till samexistens goda.

Slutsatsen är därför att all befintlig radiolänkanvändning behöver upphöra inom det geografiska området, och dess närhet, för att 5G-sändare utomhus ska kunna möjliggöras i bandet i större skala och inte bara lokalt.

Mobiloperatörerna har uttryckt önskan om att använda 26 GHz-bandet för radiolänk till och med den 31 december 2025. Övriga radiolänkar i 26 GHz-bandet kan flyttas till andra frekvensband, t.ex. genom att ersättningskanaler identifieras i dessa. Utan fortsatt tillgång till 28 GHz-bandet för radiolänk eller ökad civil radiolänkanvändning i frekvensband som delas med Försvarmakten bedöms risken för frekvensbrist utanför tätort (men tätortsnära) öka i framtiden.

Tre scenarier har identifierats för att möjliggöra 5G-användning i 26 GHz-bandet: *5G inomhus*, *5G utomhus i städer* och *5G utomhus i hela landet*. Dessa har jämförts med hjälp av en samhällsekonomisk analys. Slutsatsen av den samhällsekonomiska analysen är att nyttan av att möjliggöra 5G i 26 GHz-bandet överstiger de i analysen redovisade kostnaderna för en flytt av radiolänk till andra frekvenser eller till fiber. Scenario 3 *5G utomhus i hela landet* bedöms ha den högsta nettoytan.

5G i 26 GHz-bandet bör därför enligt PTS möjliggöras på följande sätt:

- 5G inomhus från år 2020 i hela landet.
- 5G utomhus från år 2026 i hela landet. I Stockholm, Göteborg och Malmö eventuellt från 2025.
- Fortsatta 5G-tester (även utomhus) fram till 2025.

Radiolänk föreslås möjliggöras i 26 GHz-bandet till och med 31 december 2025. Därefter upphör all radiolänk i bandet. Eventuellt skulle radiolänkanvändning i Stockholm, Göteborg och Malmö endast möjliggöras till och med 31 december 2024. Radiolänk i 28 GHz-bandet föreslås upphöra 31 december 2024 då tillståndstiden går ut.

PTS har för avsikt att genomföra en uppdaterad behovsanalys 2022 inför tilldelning av tillstånd för 5G utomhus i 26 GHz-bandet. En behovsanalys för 28 GHz-bandet bör genomföras vid samma tillfälle.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

24,25–27,5 GHz (26 GHz-bandet) är det första riktigt höga frekvensband (ovanför 6 GHz) som tillgängliggörs för mobilt bredband och 5G i Europa. Jämfört med 3,5 GHz-bandet, där den initiala 5G-utbyggnaden förväntas, möjliggör 26 GHz-bandet ännu högre prestanda i form av datahastigheter och överföringskapacitet.

I september 2016 publicerade den Europeiska kommissionen (kommissionen) sin rapport, 5G for Europe: An Action Plan¹. I detta meddelande presenterar kommissionen en handlingsplan för snabb och samordnad utbyggnad av 5G-nät i Europa genom ett partnerskap mellan kommissionen, medlemsstaterna och näringslivet. RSPG² har identifierat 26 GHz-bandet tillsammans med 3,4–3,8 GHz-bandet (3,5 GHz-bandet) som prioriterade band som är lämpade för att uppfylla målen för kommissionens handlingsplan för 5G.³

Vid WRC-19 blev 26 GHz-bandet globalt allokerat för mobila tjänster och identifierat för IMT⁴. Huvuddelen av 26 GHz-bandet (24,5-26,5 GHz) har sedan tidigare en allokering för fast radio (radiolänk) och används för detta ändamål idag.

26 GHz-bandet är harmoniserat för markbundna system som kan användas för bredbandiga elektroniska kommunikationstjänster i unionen, genom kommissionens genomförandebeslut (EU) 2019/784 av den 14 maj 2019 (kommissionsbeslutet). Av beslutet framgår att medlemsstaterna ska anvisa och tillgängliggöra 26 GHz-bandet för markbundna system som kan användas för trådlösa bredbandiga elektroniska kommunikationstjänster senast den 30 mars 2020. I skälen till kommissionsbeslutet hänvisas också till den europeiska kodexen för elektronisk kommunikation⁵ (EU-direktivet) där det regleras att medlemsstaterna måste tillåta användningen av minst 1 GHz av 26 GHz-bandet senast den 31 december 2020. Detta under förutsättning att det finns en tydlig efterfrågan på marknaden och att det saknas betydande hinder för migrering av befintliga användare eller tömning av frekvensband.⁶ Av

¹ Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions- 5G for Europe: An Action Plan {SWD(2016) 306 final} COM(2016) 588 final

² Radio Spectrum Policy Group

³ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/1972 av den 11 december 2018, om inrättande av en europeisk kodex för elektronisk kommunikation, skäl (135)

⁴ IMT – International Mobile Telecommunications. En IMT-identifiering betyder att ett frekvensband av ITU pekats ut som lämpligt för implementering av IMT för det fall att en administration önskar det.

⁵ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2018/1972 av den 11 december 2018, om inrättande av en europeisk kodex för elektronisk kommunikation

⁶ Kommissionsbeslutet (EU) 2019/784, skäl (5)

kommissionsbeslutet framgår också att medlemsstaterna bör analysera möjligheten att fortsätta driften av fasta länkar i 26 GHz-bandet baserat på delad spektrumanvändning med markbundna trådlösa bredbandstjänster, inklusive 5G.⁷ Medlemsstaterna bör rapportera till kommissionen om genomförandet av detta beslut, i synnerhet vad gäller införandet av markbundna 5G-tjänster i 26 GHz-bandet, och eventuella samexistensproblem.⁸

Användningen av 26 GHz-bandet för 5G påverkar även användningen i andra frekvensband. Detta gäller framförallt användning av radiolänk i 28 GHz-bandet.

1.2 Syfte

Syftet med denna förstudie är att göra en bedömning av efterfrågan och eventuella hinder för migrering (flytt) av befintliga användare samt om det finns åtgärder som PTS bör vidta för att möjliggöra utbyggnad av 5G-nät i 26 GHz-bandet.

1.3 Metod

PTS har i genomförandet av denna förstudie inledningsvis genomfört samtal med aktörer för att belysa frågor om bland annat behov av frekvenser för framtida användning av 26 GHz-bandet. De aktörer PTS träffade utgjordes av mobiloperatörer, radiolänktillståndshavare, utrustningstillverkare och andra aktörer som berörs av händelseutvecklingen i 26 GHz-bandet.

26 GHz-bandet används idag till radiolänk i Sverige. Då det finns en risk för störning mellan den framtida 5G-användningen och radiolänkanvändning i 26 GHz-bandet har en analys av förutsättningar för samexistens mellan dessa användningar utförts. Under arbetet har det också observerats att det även finns en risk att den framtida 5G-användningen i 26 GHz-bandet kan störa den befintliga radiolänkanvändningen i det närliggande frekvensbandet kallat 28 GHz-bandet. Därför har även en studie av förutsättningar för samexistens mellan 5G i 26 GHz-bandet och radiolänkanvändning i 28 GHz-bandet utförts. Utöver samexistensstudier har också diskussioner med berörda tillståndshavare i 28 GHz-bandet förts.

Utifrån aktörernas förmedlade behov av frekvenser i närtid, PTS antaganden om 5G-tillämpningar på sikt, behov av frekvenser för radiolänk och möjligheter till delning mellan olika användningar har tre olika scenarier för att möjliggöra 5G-användning i 26 GHz-bandet tagits fram. Dessa scenarier har sedan jämförts med hjälp av en samhällsekonomisk analys.

⁷ Kommissionsbeslutet (EU) 2019/784, skäl (18)

⁸ Kommissionsbeslutet (EU) 2019/784, skäl (24)

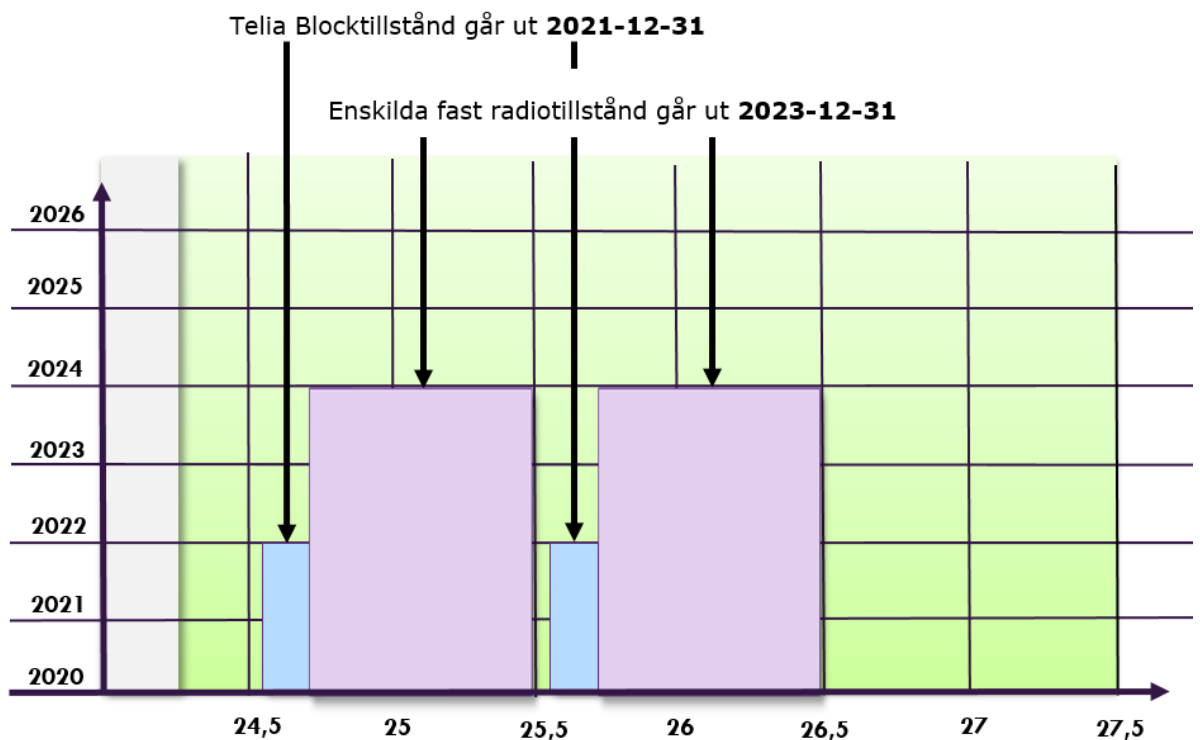
2 Dagens användning

26 GHz- och 28 GHz-banden används till radiolänk idag. Tillstånden i 26 GHz-bandet gäller som längst till 2023-12-31 och i 28 GHz-bandet gäller tillstånden till och med 2024-12-31.

2.1 Användning av 26 GHz-bandet idag

26 GHz-bandet används idag till radiolänk. I Figur 1 nedan beskrivs översiktligt vilka delar av 26 GHz-bandet som används till detta ändamål, vilken tilldelningsform som använts och hur länge tillstånden inom respektive kategori gäller som längst.

Figur 1 Användning av 26 GHz-bandet



Användningen av radiolänk i 26 GHz-bandet sker i två parade frekvensutrymmen (duplexhalvor), 24,549-25,445 GHz respektive 25,557-26,453 GHz, vilka illustreras i Figur 1 ovan. För varje radiolänk krävs frekvenstillstånd för radiosändare i såväl den höga som i den låga duplexhalvan. I början av december 2019 fanns cirka 3000 radiolänkar, varav

cirka 240 inom ramen för blocktillstånd. Blocktillståndet (ljusblått i figuren) innehas av Telia Company AB (Telia) och gäller fram till 2021-12-31. För de radiolänkar som inte tillhör blocktillståndet har tillståndsgivning skett via enskilda sändartillstånd (2 sändare per radiolänk). Dessa tillstånd (rosa i figuren) går ut vid olika tidpunkter men gäller som längst fram till 2023-12-31. De fem största innehavarna av enskilda sändartillstånd är 3G Infrastructure Services AB (3GIS) med cirka 60 procent av alla sändare, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), Svenska UMTS-nät AB (SUNAB), Telenor Sverige AB (Telenor), och Trafikverket.

Användningen av radiolänk är spridd över hela landet och störst utanför tätorter. Antalet sändare per län är relativt jämnt fördelat med några undantag. Möjligheterna att introducera 5G parallellt med existerande användning av radiolänk i 26 GHz-bandet varierar således både inom bandet och över landet.

Den översta delen av 26 GHz-bandet, 26,5-27,5 GHz, är sedan år 2017 öppet för 5G-tester och det finns utfärdade tillstånd inom detta frekvensutrymme.

2.2 Användning av 28 GHz-bandet idag

Direkt ovanför 26 GHz-bandet tar 28 GHz-bandet (27,5-29,5 GHz) vid.

Bandet är via ECC-beslut (05)01⁹ harmoniserat för fast radio (radiolänk) och sändande jordstationer (jord till rymd). Bandet ingår inte i CEPT:s ”roadmap” för 5G¹⁰. Istället noteras att Europa har harmoniserat bandet 27,5-29,5 GHz för bredbandig satellitanvändning och stödjer global användning av ESIM (Earth Stations In Motion) i detta band.

Inom ITU är detta band allokerat för mobila, fasta och fastsatellit radiotjänster. Vid WRC-19 identifierades banden 17,7-19,7 GHz (space-to-Earth) och 27,5-29,5 GHz (Earth-to-space) för ESIM, globalt.

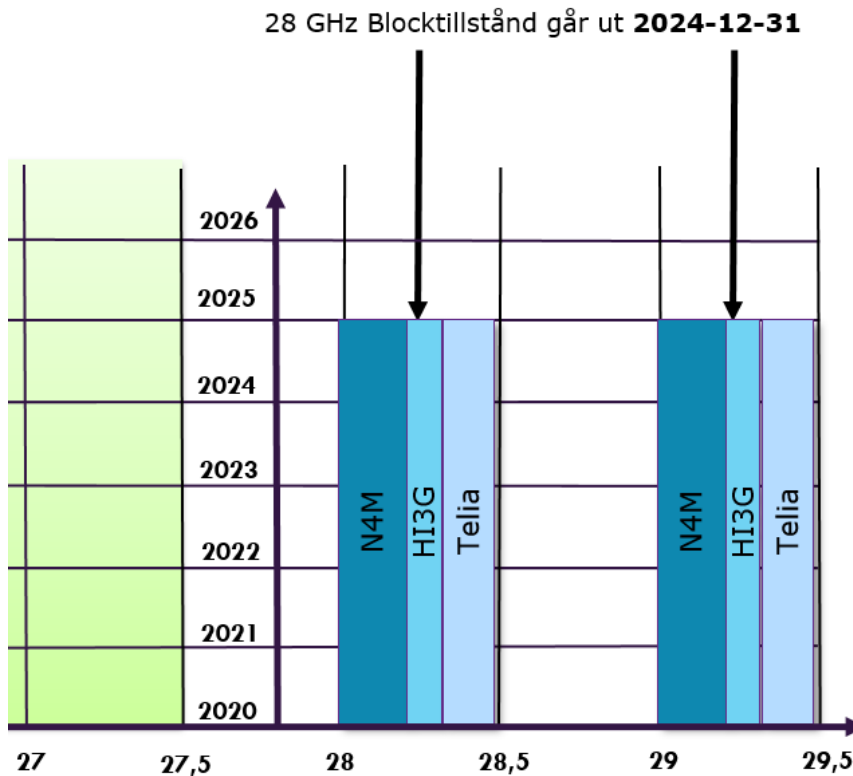
Det är också viktigt att notera att frekvensområdet 26,5-29,5 GHz är högst aktuellt för 5G i Asien samt Nord- och Sydamerika. Med stor sannolikhet kommer 5G att vara en av de radioanvändningar som kommer att ingå i analyser av den framtida inriktningen för 28 GHz-bandet i Sverige då befintliga tillstånd går ut inom några år.

⁹ ECC Decision (05)01 The use of the band 27,5-29,5 GHz by the Fixed Service and uncoordinated Earth stations of the Fixed-Satellite Service (Earth-to-space)

¹⁰ <http://cept.org/ecc/topics/spectrum-for-wireless-broadband-5g#roadmap>

I Figur 2 nedan beskrivs översiktligt vilka delar av 28 GHz-bandet som används till radiolänk inom ramen för blocktillstånd, vem som är tillståndshavare och hur länge tillstånden gäller.

Figur 2 Användning av 28 GHz-bandet



PTS valde år 2009 att tilldela delar av 28 GHz-bandet, närmare bestämt frekvensutrymmet 27 940,5–28 444,5/28 948,5-29 452,5 MHz i form av 18 blocktillstånd à 28 MHz i respektive duplexhalva. Net4Mobility HB (N4M) innehar tillstånd nummer 1-8, Hi3G Access AB (Hi3G) tillstånd nummer 9-12 och Telia tillstånd nummer 13-18. Samtliga tillstånd går ut 2024-12-31.

PTS har efterfrågat sändardata från de tre tillståndshavarna för att få en uppfattning om i hur stor omfattning bandet används idag. Svaren visar att bandet används till radiolänk både i och utanför tätorter och att användningen av 28 GHz-bandet är högre i tätorter jämfört med motsvarande användning i 26 GHz-bandet.

3 5G-tillämpningar

Även om det idag finns en stor osäkerhet om vilka nya tillämpningar som kommer att realiseras i 5G-näten är förväntningen att de nya möjligheterna på sikt kommer att resultera i många nya tjänster. Idag är det dock mycket svårt att förutse vilka av dessa som kommer att bli framgångsrika och när i tiden.

Tillämpningar som t.ex. industriautomation, inomhusnät för intern användning, kapacitetsförstärkning av mobilt bredband och fast trådlöst bredband (FWA) ses som möjliga områden.

3.1 Vad kan 5G tekniken möjliggöra?

Utöver högre kapacitet och högre slutkundshastigheter förväntas även 5G-tekniken erbjuda nya möjligheter gällande stöd för kortare fördröjning i näten samt stöd för leverans av data med en mycket hög sannolikhet inom en garanterad fördröjningstid. Att kunna erbjuda mycket korta fördröjningar och hög leveranssäkerhet är något som skiljer 5G-tekniken från det som idag kan garanteras i 4G-näten. Dessa nya egenskaper förväntas öppna upp för att använda 5G i ett antal nya tillämpningar som skulle varit svåra att hantera i 4G-näten.

Det är dock viktigt att skilja på vad 5G som teknik kan möjliggöra och vad de faktiska 5G-näten som byggs med tekniken kommer att erbjuda. Att det går att erbjuda 10 Gbit/s eller högre hastigheter med teknik framtagen för 5G betyder inte automatiskt att alla 5G-nät kommer att erbjuda denna hastighet.

På samma sätt som gällt för utbyggnaden av 4G-näten förväntas 5G-näten byggas ut på ett sätt som är ekonomiskt motiverat. Man kan notera att 4G-tekniken redan kan erbjuda Gbit/s-hastigheter men att det idag inte finns några Gbit-LTE/4G nät i Sverige. 4G-näten som byggts ut skiljer sig dessutom gällande kapacitet och hastighet mellan till exempel centrala Stockholm och de glesbefolkade delarna av Norrlands inland.

5G-näten förväntas inte kunna erbjuda samma egenskaper överallt. Beroende på vilka frekvensband som används och hur näten byggs kan egenskaperna variera. Det är inte heller uppenbart att 5G-näten överallt behöver kunna stödja de mest extrema kravbilderna, något som öppnar för att anpassa 5G-näten lokalt för att tillfredsställa olika krav.

Att 5G som teknik och de 5G-nät som byggs kan erbjuda nya egenskaper förväntas dock på sikt öppna upp för innovation gällande nya tillämpningar. Även om det idag finns en stor osäkerhet om vilka nya tillämpningar som

kommer att realiseras i 5G-näten är förväntningen att de nya möjligheterna på sikt kommer att resultera i många nya tjänster. Idag är det dock mycket svårt att förutse vilka av dessa som kommer att bli framgångsrika och när i tiden.

3.2 5G i 26 GHz-bandet

Mot den bakgrund som ges ovan beskrivs i detta avsnitt vilken typ av 5G-tillämpningar som på sikt förväntas att tillfredsställas via 5G i 26 GHz-bandet. Det är viktigt att notera att bandet ligger tio gånger högre i frekvens än det högsta frekvensband som används i dagens 4G-nät, vilket leder till en kortare räckvidd och därmed minskad täckning från en basstation. Radiosignaler på så höga frekvenser dämpas också kraftigt av alla objekt som kommer i deras väg vilket gör det svårare att uppnå kontinuerlig utomhustäckning. På motsvarande sätt försämras möjligheten att erbjuda inomhustäckning från basstationer som är monterade utomhus. Detta förväntas ha en avsevärd effekt på hur 26 GHz-bandet kan användas.

3.2.1 Industritillämpningar

Till industritillämpningar för 5G räknas normalt ett mycket stort antal applikationer in där användaren är någon annat än en fysisk person. Dessa applikationer sträcker sig från sensorer i t.ex. fastigheter till trådlös industriautomation inom den så kallade Industri 4.0.

Många av dessa tillämpningar hanteras uppenbart bättre i andra frekvensband än 26 GHz-bandet. Flertalet av de IoT-tillämpningar¹¹ som har låga krav på överförd datamängd passar till exempel bra i låga frekvensband där det är enkelt att skapa bra täckning både inomhus och utomhus. Det samma gäller för tillämpningar som på grund av att de är mobila över större områden kräver god yttäckning. Det är då mer kostnadseffektivt att uppnå täckningen i andra frekvensband.

Det finns dock industritillämpningar som kan vara svåra att hantera i lägre frekvensband, detta är sådana tillämpningar som har krav på mycket hög överföringshastighet eller en kombination av hög överföringshastighet och hög sannolikhet för leverans av meddelanden inom en garanterad låg fördröjning. Typexemplet inom detta område brukar vara industriautomation där man vill implementera maskinstyrning via en lokal molnlösning vilket leder till hårda krav på låg fördröjning och där samtidigt sensorsystemet i maskinen genererar en hög dataakt. Man kan också tänka sig applikationer inom AR/VR (Augmented Reality/Virtual Reality)-området, t.ex. för att ge visuellt stöd vid underhåll och felsökning av maskiner. Till de vidare industritillämpningarna

¹¹ IoT – Internet of Things

skulle i framtiden även vissa inomhusnät för intern användning på kontor och inom sjukvård kunna bli aktuella. Men även utomhusnät för t.ex. industrianläggningar, jordbruk och testanläggningar för fordon. AR/VR-baserade tillämpningar med krav på hög upplösning genom trådlös lokal uppkoppling av operationsutrustning kan i framtiden bli tillämpningar som lokalt ställer hårdare krav på denna typ av inomhusnät. Även om kapacitetsbehoven i dessa miljöer kanske inte i sig skulle motivera en användning av 26 GHz-bandet är det lätt att se att de räckvidder man förväntar sig kunna uppnå väl matchar kraven på täckning i dessa miljöer, vilket i förlängningen skulle kunna leda till nya innovativa tillämpningar.

De industritillämpningar som är bäst lämpade för 26 GHz-bandet förväntas mot denna bakgrund framförallt vara lokala. Industritillämpningar som behöver stor yttäckning eller mobilitet över stora områden bedöms istället vara anpassade så de kan använda den större yttäckningen som är möjlig i lägre frekvensband, till exempel i 3,5 GHz bandet.

3.2.2 Mobilt bredband

Bättre mobilt bredband, högre hastigheter och mer kapacitet, förväntas vara den första stora tillämpningen i 5G-näten. Ökningen av datatrafiken i mobilnäten har under den senaste 5 års-perioden legat på mellan 28 och 35 procent per år, en ökning som förväntas fortsätta. Det finns också en möjlighet att ökningen accelererar kommande år i och med att de nya 5G-näten med högre kapacitet och bättre realtidsegenskaper ger bättre förutsättningar för interaktiva spel och AR/VR-tillämpningar. Majoriteten av denna tillväxt förväntas dock under de första åren hanteras via andra frekvensband. Mobiloperatörerna har uttryckt att de för yttäckande 5G-nät framförallt ser 3,5 GHz-bandet, med start år 2020, och redan tilldelade frekvensband som huvudalternativen.

När det gäller mobilt bredband i 26 GHz-bandet är det därför mer lokal användning som troligen kommer först på platser där många samlas på en liten yta och där många dessutom kan tänkas använda kapacitetskrävande tjänster. Detta samtidigt som det finns en risk att 5G-näten i frekvensband under 4 GHz inte kommer att kunna hantera den trafikbelastning som uppstår. Exempel på sådana scenarion är till exempel arenor under idrottsevenemang eller konserter där många användare samlas på en liten yta, i dessa fall är räckvidden ett mindre problem. För att detta ska vara en lämplig lösning måste dock en tillräcklig andel av kunderna ha terminaler som kan ta emot 5G i 26 GHz-bandet. Man kan notera att dessa typer av evenemang kan kategoriseras som såväl inomhus- som utomhusanvändning, beroende på den

arena/plats som används. Användningen kan vara såväl temporär (t.ex. en musikfestival) som permanent (t.ex. en arena).

På lite längre sikt när 5G-näten i lägre frekvensband börjar bli hårdare lastade förväntas 26 GHz-bandet användas för att uppnå mer allmän kapacitetsförstärkning utomhus i de mobila bredbandsnäten. Det är sannolikt att denna utbyggnad utgår från de områden i centrala delar av större tätorter där kapacitetsproblem först uppstår, för att sedan expandera till allt större delar av de större tätorterna. I vilken takt denna utbyggnad kommer att ske är idag mycket svårt att förutsäga. PTS gör dock bedömningen att 26 GHz-bandet inom överskådlig tid inte kommer att användas för att uppnå generell täckning för mobilt bredband i områden utanför tätorter.

Det finns också en möjlighet att använda 26 GHz-bandet för att uppnå hög kapacitet för mobilt bredband inomhus, t.ex. i gallerior/affärer/kontor och bostäder.

3.2.3 FWA – fast trådlöst bredband

Fast trådlös bredbandsuppkoppling, eller på engelska Fixed Wireless Access (FWA), är en av de 5G-tillämpningar som har pekats ut internationellt som ett tillväxtområde, särskilt i länder med lägre fiberpenetration. Att 5G tekniskt kan stödja höga topphastigheter och ge ett ordentligt lyft gällande kapacitet ger nya möjligheter att bygga fasta trådlösa bredbandsuppkopplingar till hushåll och företag. Beroende på vilket frekvensband som används är förväntningen att kunna erbjuda stabila slutkundshastigheter från 100 Mbit/s upp till 1Gbit/s.

Mot bakgrund av att fiberpenetrationen i Sverige år 2025 förutspås¹² vara mycket hög, förväntas FWA i 26 GHz-bandet i Sverige främst användas som lokalt komplement till den vid tidpunkten redan befintliga fiberutbyggnaden.

¹² PTS-ER-2019:11, Uppföljning av regeringens bredbandsstrategi 2019

4 Efterfrågan på 26 GHz-bandet för 5G

Mobiloperatörerna har uttryckt ett bandbreddsbehov på mellan 400 MHz och 1 GHz. Även industrin har uttryckt behov av spektrum. De aktörer PTS träffat har dock inte uttryckt behov av 26 GHz-bandet för 5G i närtid.

4.1 Behovsbild frekvenser 5G

Mobiloperatörerna har i möten med PTS uttryckt ett bandbreddsbehov på mellan 400 MHz och 1 GHz för att kunna utnyttja möjligheterna vad gäller kapacitet och hastighet i 26 GHz-bandet.

För industritillämpningar kan behovet av frekvenser komma att variera mellan olika vertikaler och växa över tid för industrin, enligt Teknikföretagen. Den totala efterfrågan är beroende av vad som händer på marknaden i Sverige liksom i länder som Tyskland.

Marknadsaktörerna har inte uttryckt behov av 26 GHz-frekvenser för 5G i närtid. Inte heller har tidsplaner för när behovet kan uppkomma framkommit under de möten PTS haft med aktörerna. Mobiloperatörerna har som kommer att beskrivas längre fram i förstudien behov av att fortsatt kunna använda bandet för radiolänk de kommande åren.

Det har framkommit synpunkter på att det är bättre att PTS avvaktar med tilldelning tills det är möjligt att tilldela 3 GHz och därmed större block. Detta då mobiloperatörerna ser behov av stora bandbredder. En tidig tilldelning av en mindre del av bandet riskerar enligt vissa att segmentera bandet för framtiden. En mobiloperatör framförde att PTS borde kunna öppna upp en mindre del av bandet i slutet av 2020 för de som har ett initialt behov. Det förefaller dock inte finnas efterfrågan på en ytterligare auktion under 2020 utöver den redan planerade 3,5 GHz och 2,3 GHz-auktionen.

Enligt kommentar vid möten kommer mobiloperatörerna att fokusera på att bygga ut 5G i sina befintliga siter med 3,5 GHz-bandet initialt och det är därför en anledning till att avvakta med tilldelning av 26 GHz-bandet.

En synpunkt kring tid för tillgängliggörande av bandet var att alla Sveriges industrier sannolikt inte kommer vara redo att använda 26 GHz-bandet inom de kommande åren. Industrierna kommer behöva utreda, testa och hitta vägen framåt med utrustningen, men det innebär enligt Teknikföretagen inte att PTS bör avvakta med hur frekvenserna ska tilldelas.

Initialt antas det största intresset av frekvenser finnas i Stockholm, Göteborg och Malmö.

4.2 Användning

Vid mötena framkom att flera mobiloperatörer inte tror att 26 GHz-bandet kommer att användas som en generell kapacitetsförstärkning för mobilt bredband i hela landet utan att 5G initialt kommer att vara stark begränsat till stadsmiljöer. FWA fördes fram som en tillämpning, speciellt där det inte är motiverat att bygga ut fiber. Men 26 GHz-bandet ansågs inte vara det primära bandet för FWA. Andra 5G-användningar som nämndes av mobiloperatörerna var hot spots och inomhusnät. Såväl inomhus- som utomhusanvändningar nämndes.

Det finns enligt Teknikföretagen ett ökande intresse för och kommande behov av industriapplikationer med hjälp av 5G-teknik. För dessa finns det behov av inomhusanvändning men även utomhusanvändning på industriområden för exempelvis förarlösa fordon

MSB anser att 26 GHz-bandet är intressant delvis av strategiska skäl. Myndigheten anser att det måste finnas en lösning för *Public safety* i framtida mobilnät. MSB vill att det skapas utrymme för *Public safety* i 5G- och i 6G-nät och vill att dessa nät ska fungera i ett säkert samhälle.

4.3 Tilldelningsform

Mobiloperatörer och vissa utrustningstillverkare förordar tilldelning av nationella tillstånd i 26 GHz-bandet. Detta innebär dock inte att operatörerna har för avsikt att bygga ut i hela landet eftersom bandets egenskaper enligt dem inte lämpar sig för det.

För industriapplikationer efterfrågas lokala tillstånd.

5 Delningsproblematik mellan 5G och radiolänk

5.1 Inledning

Av kommissionsbeslutet framgår att medlemsstaterna får tillåta fortsatt drift av fasta länkar i 26 GHz-bandet och bör analysera möjligheten baserat på delad spektrumanvändning med markbundna trådlösa bredbandstjänster, inklusive 5G.¹³ Eftersom 5G-utrustning kan störa användningen av radiolänk i 28 GHz-bandet analyseras även detta förhållande. Nedan görs en beskrivning av möjligheterna till delad användning mellan radiolänk och 5G.

5.2 Samexistens mellan 5G i 26 GHz-bandet och radiolänkanvändning i 26 GHz-bandet

Användning av 5G utomhus kan inte samexistera med radiolänk i samma geografiska område i 26 GHz-bandet. För inomhusanvändning är dock möjligheterna till samexistens goda.
--

En introduktion av 5G utomhus i 26 GHz-bandet parallellt med existerande radiolänkanvändning förutsätter generellt att 5G-sändarna koordineras med radiolänkanvändningen. PTS bedömning är att det inte är möjligt för 5G-sändare utomhus att samexistera med radiolänk i samma geografiska område (t.ex. i en tätort) då risken att 5G-sändare stör radiolänk är alltför stor. Beräkningar visar att störning från en 5G-sändare utomhus kan inträffa på ett avstånd av tiotals kilometer i en radiolänkmottagares huvudriktning. Störavståndet kan dock bli väsentligt kortare om 5G-sändarens antenn och radiolänkens mottagarantenn inte är riktade mot varandra eller om det t.ex. finns byggnader mellan antennerna som skärmar signalen. Det är dock väldigt svårt att på ett tillförlitligt sätt beräkna dessa störningar, framför allt i stadsmiljö. PTS gör därför bedömningen att användning av 5G utomhus inte kan samexistera med radiolänk i samma geografiska område i 26 GHz-bandet. Slutsatsen är därför att all befintlig radiolänkanvändning behöver upphöra inom det geografiska området, och dess närhet, för att 5G-sändare utomhus ska kunna möjliggöras i bandet i större skala och inte bara lokalt.

För 5G-användning inomhus bedömer PTS att möjligheterna till samexistens är goda, framförallt när det gäller frekvensutrymmet 26,5-27,5 GHz eftersom det inte finns några tillstånd för radiolänk inom detta frekvensutrymme. Men även i frekvensutrymmet 24,25-26,5 GHz bedöms risken för störning på radiolänk vara så låg att den kommer att kunna hanteras vid tillståndsgiven inomhusanvändning.

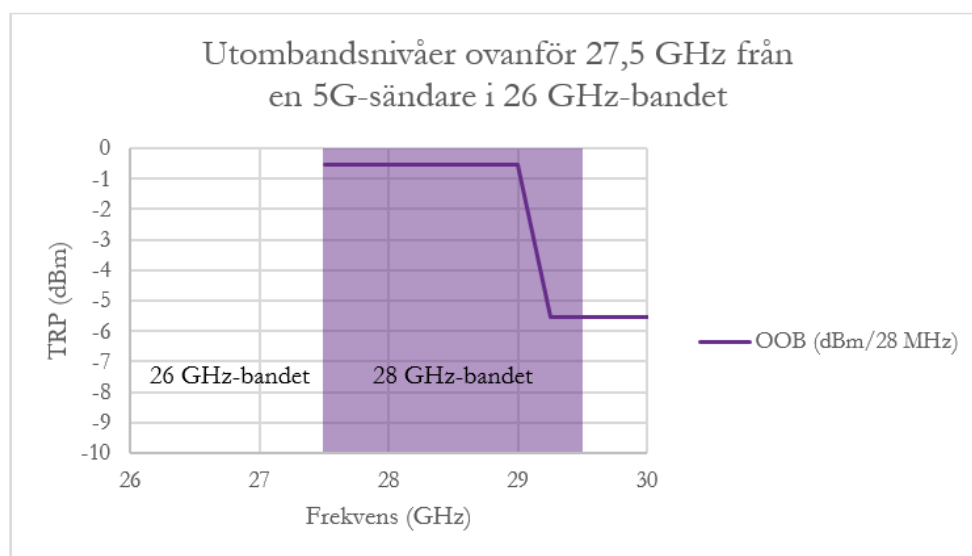
¹³ Artikel 4,skäl (5), kommissionsbeslut (EU) 2019/784

5.3 Samexistens mellan 5G-användning i 26 GHz-bandet och radiolänk i 28 GHz-bandet

Användning av 5G utomhus i 26 GHz-bandet kan inte samexistera med radiolänk i 28 GHz-bandet i samma geografiska område. För inomhusanvändning är dock möjligheterna till samexistens goda.

En 5G-sändare i 26 GHz-bandet kommer att störa användningen av radiolänk i 28 GHz-bandet av orsaker som beskrivs nedan. Figur 3 nedan visar den, enligt standarden¹⁴, maximalt tillåtna totalt utstrålade effekten från en 5G-sändare (uttryckt som TRP¹⁵) i 26 GHz-bandet för en bandbredd på 28 MHz, vilket motsvarar ett blocktillstånds storlek i respektive duplexhalva. Den utstrålade effekten ovanför 27,5 GHz är i stort sett oberoende¹⁶ av vilket frekvensutrymme i 26 GHz-bandet som 5G-sändaren använder. Av figuren framgår även att den totalt utstrålade effekten från en 5G-sändare i 26-GHz-bandet i den nedre duplexhalvan av 28 GHz-bandet, under 28,5 GHz, kan vara lika hög som vid 26 GHz-bandets övre bandkant 27,5 GHz. I den övre duplexhalvan, ovanför 29,0 GHz, blir den totalt utstrålade effekten emellertid lägre.

Figur 3 Utombandsnivåer



¹⁴ 3GPP TS 38.104 V15.7.0 (2019-09) och ERC-rekommendationen 74-01 (2019-05)

¹⁵ TRP – Total Radiated Power

¹⁶ Oberoende under förutsättning att frekvensavståndet till den övre bandkanten 27,5GHz är minst 10 % av 5G-sändarens bandbredd. För ett mindre frekvensavstånd till bandkanten blir nivån högre ovanför 27,5 GHz. Exempel: För en 5G-sändare med bandbredden 200 MHz gäller nivån enligt figuren under förutsättning att dess frekvensutrymme slutar under 27 480 MHz.

För 5G-sändare utomhus blir störavstånden i princip lika stora som för radiolänk i 26 GHz, dvs. upp till tiotals kilometer. Eftersom radiolänkanvändningen i 28 GHz-bandet förekommer över hela landet – inte minst i tätorter – ser PTS inga möjligheter att introducera 5G utomhus i 26 GHz-bandet i större skala någonstans i landet så länge 28 GHz-bandet används för radiolänk. Detta gäller oberoende av i vilken del av 26 GHz-bandet som 5G-användningen finns och oberoende av i vilken del av 28 GHz-bandet som radiolänkanvändningen finns.

För 5G-användning inomhus bedömer PTS att risken för störning mellan 5G i 26 GHz-bandet och radiolänk i 28 GHz-bandet är liten och myndigheten ser därför att användningarna kan samexistera i samma geografiska område, helt utan eller med ett minimum av koordinering.

Slutsatsen är att användning av 5G utomhus i 26 GHz-bandet inte kan samexistera med radiolänk i samma geografiska område i 28 GHz-bandet. För inomhusanvändning är dock möjligheterna till samexistens goda.

6 Fortsatt behov av radiolänk i 26 GHz- och 28 GHz-banden

6.1 Inledning

Eftersom användning av 5G utomhus varken kan samexistera med radiolänk i 26 GHz-bandet eller med radiolänk i 28 GHz-bandet, i samma geografiska område, görs nedan en analys av om det finns behov av fortsatt radiolänkanvändning i de båda banden och om det är möjligt att flytta användningen till andra frekvensband.

6.2 Mobiloperatörers radiolänkar i 26 GHz-bandet

Mobiloperatörerna har uttryckt önskan om att använda 26 GHz-bandet för radiolänk till och med den 31 december 2025.

Majoriteten (cirka 75 procent) av alla radiolänkar i 26 GHz-bandet innehavs av mobiloperatörer och används för de gemensamägda 3G-näten i 2,1 GHz-bandet. Dessa nät kommer succesivt att avvecklas under de kommande åren fram till dess att frekvenstillstånden i 2,1 GHz-bandet går ut 2025-12-31. Operatörerna har dock indikerat att de planerar för att ha större delen av 3G-näten i drift tillståndstiden ut och att 26 GHz-bandet behövs för transmission fram tills dess. En ny transmissionslösning, som ersättning för de förbindelser som idag använder 26 GHz-bandet, skulle innebära höga kostnader, i vissa fall kanske så höga att mobiloperatörerna väljer att avveckla en antenntillsats för 3G två år ”i förtid” jämfört med vad man annars skulle gjort.

Mobiloperatörerna har uttryckt en önskan om att använda 26 GHz-bandet för radiolänk fram till och med 31 december 2025, men inte därefter.

I de centrala delarna av Stockholm, Göteborg och Malmö används inte 26 GHz-bandet som transmissionslösning för 3G-näten i samma utsträckning som i resten av landet. Detta beror främst på att tillståndshavaren med flest radiolänkförbindelser i bandet inte har något 3G-nät i dessa områden.

Mobiloperatörerna och MSB är positiva till möjligheterna att differentiera utrymningen av bandet i tid och geografi, t.ex. först i storstadsområden och senare i mindre tätbefolkade områden. Detta kräver dock en rimlig tidsfrist enligt aktörerna och innebär en kostnad för aktörer som fortsatt ska använda sina radiolänkar men behöver flytta dem till ett annat band.

6.3 Övriga radiolänkar i 26 GHz-bandet

Övriga radiolänkar i 26 GHz-bandet kan flyttas till andra frekvensband, t.ex. genom att ersättningskanaler identifieras i dessa.

Den återstående delen (cirka 25 procent) av alla radiolänkar i 26 GHz-bandet innehavs av tillståndshavare som bland annat tillhandahåller samhällsviktiga tjänster (t.ex. MSB, Teracom, Trafikverket och Storstockholms Lokaltrafik), men det finns även radiolänkar som innehas av förhållandevis små företag och organisationer. Gemensamt för dessa tillståndshavare är sannolikt att de inte har ett direkt intresse av att avveckla eller ersätta sina radiolänkar för att frigöra frekvensutrymme i 26 GHz-bandet till förmån för 5G.

Det kan finnas behov för PTS att undersöka alternativ för att kunna erbjuda en möjlighet för övriga tillståndshavare att flytta sina radiolänkar i 26 GHz-bandet till ett ersättningsfrekvensband. Exempel på alternativ för att säkerställa en framtida flytt av icke-mobiloperatörers radiolänkar i 26 GHz-bandet till andra frekvensband kan vara att PTS tar fram en plan som för varje radiolänk i 26 GHz-bandet identifierar en ersättningskanal i annat frekvensband.

PTS bedömer att övriga radiolänkar i 26 GHz-bandet kan flyttas till andra frekvensband, t.ex. genom att ersättningskanaler identifieras i dessa.

6.4 Mobiloperatörers radiolänkar i 28 GHz-bandet

Utan fortsatt tillgång till 28 GHz-bandet för radiolänk eller ökad civil radiolänkanvändning i frekvensband som delas med Försvarmakten bedöms risken för frekvensbrist utanför tätort (men tätortsnära) öka i framtiden.

PTS bedömer att kanalbandbredd och frekvensutrymme i de traditionella frekvensbanden för radiolänk, mellan 6 GHz och 38 GHz, inte är tillräckligt för att överföra *hög kapacitet* till 5G-nät i tätort eller tätortsnära områden. PTS förväntar sig därför att det så kallade E-bandet (71-86 GHz) kommer att vara ett frekvensband som efterfrågas av mobiloperatörer för att realisera högkapacitetsförbindelser i tätort och tätortsnära områden. För sträcklängder kortare än någon kilometer kan det finnas förutsättningar att också använda de för radiolänk harmoniserade frekvensbanden W (92-114 GHz) och D (130-175 GHz).

Genom att kombinera olika frekvensband i en och samma radiolänk, både ett högt frekvensband (t.ex. E-band) och ett lägre frekvensband (t.ex. 15-38 GHz), ges möjlighet att skapa en radiolänkförbindelse med hög kapacitet (i det höga frekvensbandet) samtidigt som hög tillgänglighet upprätthålls (i det lägre

frekvensbandet). Tekniken att aggregera flera frekvensband i en och samma radiolänk kallas Band Carrier Aggregation (BCA). Av de frekvensband som förväntas kunna kombineras med E-bandet har några i dagsläget delad användning med Försvarmakten (15 GHz, 18 GHz och 23 GHz). Den delade användningen begränsar tillgången till breda kanaler i dessa frekvensband, vilken därmed minskar möjligheterna att använda en BCA-lösning.

Överföring med *relativt hög kapacitet* kan möjliggöras med radiolänk utan BCA i traditionella frekvensband (6-38 GHz) för radiolänk genom användande av breda kanaler tillsammans med avancerad modulations- och multiplexeringsteknik. Frekvens-banden 32 GHz och 38 GHz bedöms dock på grund av vågutbredningsegenskaper inte kunna erbjuda hög kapacitet och samtidigt hög tillgänglighet utanför tätort eller tätortsnära områden. I samband med den kommande utbyggnaden av mobilnät i lägre frekvensband såsom 700 MHz- och 3,5 GHz-banden bedömer PTS att mobiloperatörerna, utanför tätort och i tätortsnära områden, kommer efterfråga breda kanaler för radiolänk i de med Försvarmakten delade frekvensbanden 15 GHz, 18 GHz och 23 GHz. Efterfrågan på breda kanaler i dessa frekvensband påverkas av huruvida 28 GHz-bandet fortsatt kan användas för radiolänk eller inte.

Eftersom tillgången till breda kanaler i frekvensbanden 15 GHz, 18 GHz och 23 GHz är begränsad, då dessa band delas med Försvarmakten, skulle lokal frekvensbrist kunna uppstå om inte 28 GHz-bandet fortsatt kan användas för radiolänk. I stadsbebyggelse är risken för frekvensbrist låg tack vare att operatörerna har egna antennplatser i kombination med radiolänkantennernas goda riktverkan¹⁷, som gör att störning från andra länkar reduceras. Utanför tätort, men fortfarande tätortsnära, där samlokaliseringsgraden är högre blir risken för frekvensbrist större. Längre utanför tätort förväntas efterfrågan på breda kanaler vara lägre, vilket minskar risken för frekvensbrist igen.

Utan fortsatt tillgång till 28 GHz-bandet för radiolänk eller ökad civil radiolänkanvändning i frekvensband som delas med Försvarmakten bedöms risken för frekvensbrist utanför tätort (men tätortsnära) öka i framtiden.

¹⁷ Önskade signaler som inkommer i antennens huvudriktning förstärks medan störande signaler som kommer in utanför huvudriktningen inte gör det.

7 Scenarier för att möjliggöra 5G i 26 GHz-bandet

Tre scenarier har identifierats för att möjliggöra 5G-användning i 26 GHz-bandet: *5G inomhus*, *5G utomhus i städer* och *5G utomhus i hela landet*.

7.1 Tre scenarier

PTS har identifierat tre scenarier för att möjliggöra 5G-användning i 26 GHz-bandet, vilka kommer att beskrivas mer ingående i detta avsnitt. Scenarierna är förenklade i syfte att visa på skillnaden dem emellan. Scenarierna benämns på följande sätt:

- Scenario 1 – *5G inomhus*
- Scenario 2 – *5G utomhus i städer*
- Scenario 3 – *5G utomhus i hela landet*

Inomhusanvändning är möjlig i alla tre scenarierna. Det som skiljer scenarierna åt på en övergripande nivå är i vilken utsträckning 28 GHz-bandet fortsatt används för radiolänk och i vilken grad 5G kan användas utomhus. De tre scenarierna har ett alternativ för städer och ett annat för områden utanför städer. Begreppet stad definieras i 7.1.2.

7.1.1 Antagande för radiolänk i 26 GHz-bandet

Med anledning av att 26 GHz-bandet i stor utsträckning används som transmissionslösning för 3G-näten görs i scenarierna antagandet att möjligheten att använda 26 GHz-bandet för radiolänk förlängs till och med den 31 december 2025.

7.1.2 Antagande för radiolänk i 28 GHz-bandet

Möjligheten till 5G-nät utomhus i 26 GHz-bandet i större skala – och inte bara lokalt – förutsätter att befintlig radiolänkanvändning i 28 GHz-bandet upphör i de områden där bandet öppnas för 5G utomhus.

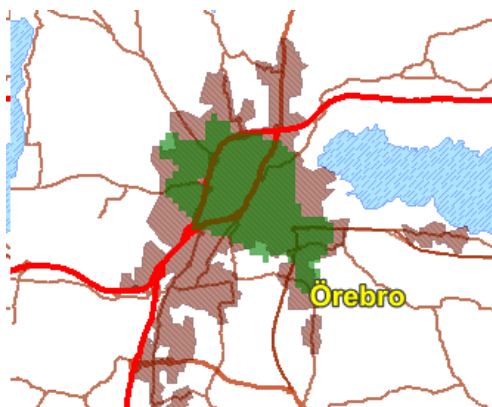
De nu gällande blocktillstånden i 28 GHz-bandet, som används för radiolänk, går ut 31 december 2024. I vilken utsträckning radiolänk möjliggörs i bandet efter detta datum skiljer sig mellan scenarierna. I scenario 2 - *5G utomhus i städer* upphör radiolänkanvändningen i städer (se definition längre ned i detta avsnitt) när tillståndstiden löper ut, i scenario 3 - *5G utomhus i hela landet* upphör radiolänkanvändningen i hela landet när tillståndstiden löper ut.

För att beskriva framför allt scenario 2 *5G utomhus i städer* har en geografisk uppdelning av landet gjorts utifrån områden med hög förväntad efterfrågan på 5G-tjänster utomhus. Denna efterfrågan förväntas vara högst i landets större tätorter. Det är sannolikt att operatörer påbörjar utbyggnad av 5G utomhus i områden där många användare samlas på liten yta. Den geografiska uppdelningen av landet görs mellan det vi i denna förstudie definierar som ”städer” och ”utanför städer”. Med ”städer” avses i rapporten de 20 tätorter (eller i vissa fall tätortsområden) som enligt SCB har flest antal invånare. Att urvalet sätts till de 20 största tätorterna ska endast ses som ett exempel på var en gräns skulle kunna dras.

För respektive tätort definieras sedan det område där efterfrågan på 5G kan förväntas vara som högst. Grundansatsen är att de geografiska områden där de befintliga mobilnäten för 4G (LTE) har mest bandbredd också är de områden där den framtida efterfrågan på 5G kan antas bli som högst.

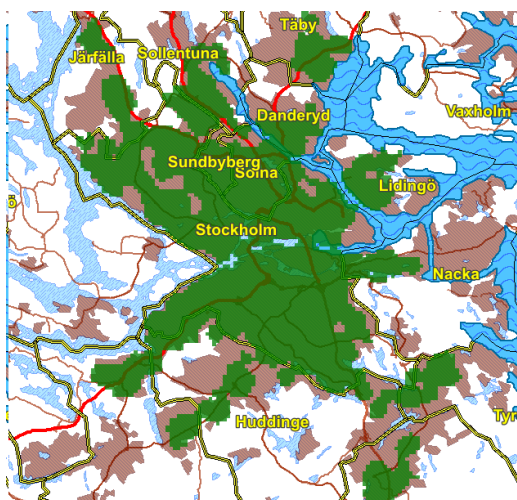
Figur 4 visar ett exempel för hur den definierade ytan ”stad” kan se ut för en tätort, i detta fall Örebro. Den grå-röda ytan indikerar tätortsområdet enligt SCB:s definition och den gröna ytan det område som PTS valt att definiera som ”stad”.

Figur 4 Yta definierad som ”stad” för Örebro



När det gäller städerna Stockholm och Göteborg inkluderar de definierade ytorna även tätortsområden som angränsar till den centrala tätorten. I Figur 5 motsvarar den gröna ytan det område som PTS definierat för Stockholm inklusive angränsande tätortsområden.

Figur 5 Yta som definierats som "stad" i och omkring Stockholm



Uppdelningen av landet i områden i och utanför städer kommer även att behöva inkludera en exkluderingszon mellan områden för 5G-användning i 26 GHz-bandet och radiolänk i 28 GHz-bandet. Detta är alltså områden inom vilka det varken kan finnas 5G i 26 GHz-bandet eller radiolänk i 28 GHz-bandet. För de analyser som görs i denna rapport gör PTS antagandet att de radiolänkar där minst en av sändarna/mottagarna befinner sig inom något av de identifierade tätortsområdena eller där ett tätortsområde befinner sig inom ett avstånd på upp till 40 km i radiolänkantennens huvudriktning inte kan samexistera med 5G utomhus. Detta är en förenklad metod för att uppskatta vilka av dagens befintliga länkar i 28 GHz-bandet som riskerar att störas från 5G utomhus i de definierade områdena. Trots att metoden är förenklad anser PTS att den med god approximation ger en uppfattning om hur stor andel av dagens länkbestånd som skulle behöva upphöra i 28 GHz-bandet om 5G introduceras i de definierade områdena.

Denna geografiska uppdelning används bland annat vid beräkning av hur många länkar i 28 GHz-bandet som behöver avvecklas innan deras ekonomiska livslängd gått ut. Den återstående ekonomiska livslängden kan vara längre än tillståndstiden för de aktuella länkarna. Underlaget används sedan vid beräkning av kostnader i den samhällsekonomiska analysen.

7.1.3 Antagande för tillgång till utrustning

När det gäller tillgång till utrustning har följande antaganden gjorts baserat på den information som framkommit i de möten som PTS haft med utrustningstillverkare.

För den översta gigahertzen av 26 GHz-bandet (26,5-27,5 GHz) har de utrustningstillverkare PTS träffat bekräftat att det redan idag finns utrustning i form av basstationer. Denna utrustning är avsedd för 28 GHz-bandet, men eftersom frekvensutrymmet 26,5-27,5 GHz finns med i bandplanen¹⁸ för både 26 GHz- och 28 GHz-bandet kan utrustning avsedd för 28 GHz-bandet användas för att implementera 5G i denna översta gigahertz.

När det gäller basstationer för frekvensutrymmet under 26,5 GHz är det i dagsläget osäkert hur långt ned i frekvensbandet det kommer finnas utrustning att tillgå med anledning av skyddet av passiva vetenskapliga tjänster såsom EESS¹⁹ i 23,6-24,0 GHz. Utrustningstillverkarna har indikerat att för 5G-utrustning för utomhusbruk behövs ett skyddsband på 1,5 GHz inom 26 GHz-bandet för att uppfylla det skyddskriterium som framgår av kommissionsbeslutet. Därför indikeras 5G utomhus först från och med cirka 25,7 GHz i två av scenarierna, scenario 2 *5G utomhus i städer* och 3 *5G utomhus i hela landet*. För 5G-utrustning för inomhusbruk, som förväntas använda lägre uteffekter, är det idag osäkert hur stort skyddsband som behövs.

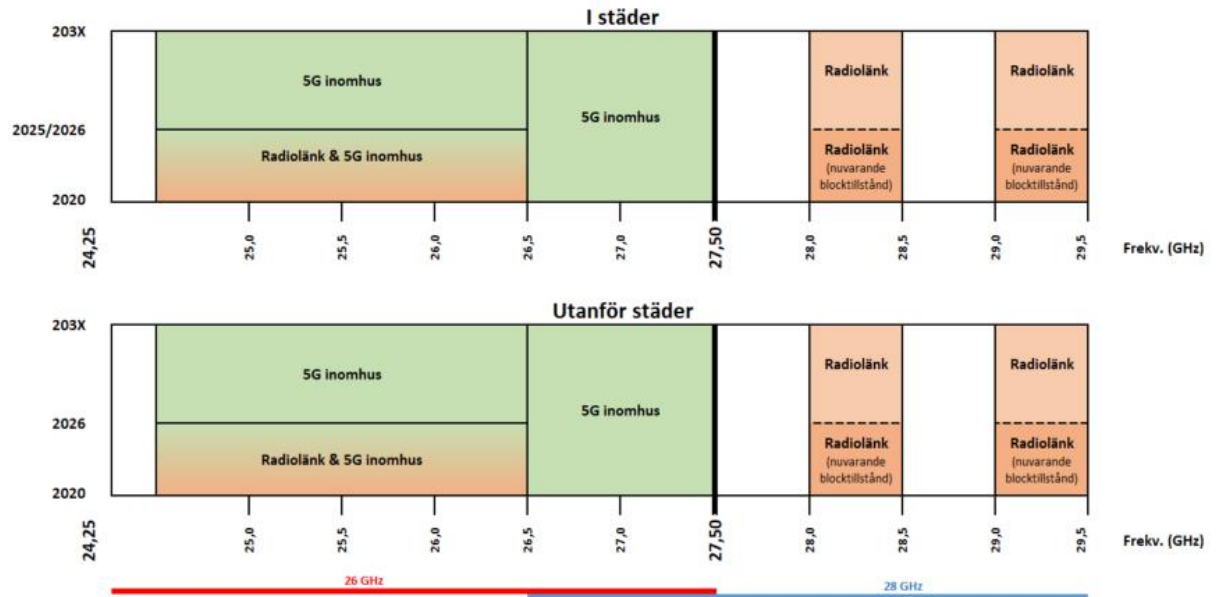
7.2 Jämförelse mellan de tre scenarierna

Nedan visas illustrationer över de tre scenarierna; *5G inomhus*, *5G utomhus i städer* och *5G utomhus i hela landet*. Sedan görs en jämförelse mellan dem för tiden före år 2026 och tiden från 2026 och framåt. 2026 har valts eftersom vi i scenarierna antar att radiolänkanvändningen i 26 GHz-bandet upphör 31 december 2025. Avgränsningen i scenarierna mellan ”i städer” och ”utanför städer” utgår från definition av ”stad” som gjorts i 7.1.2.

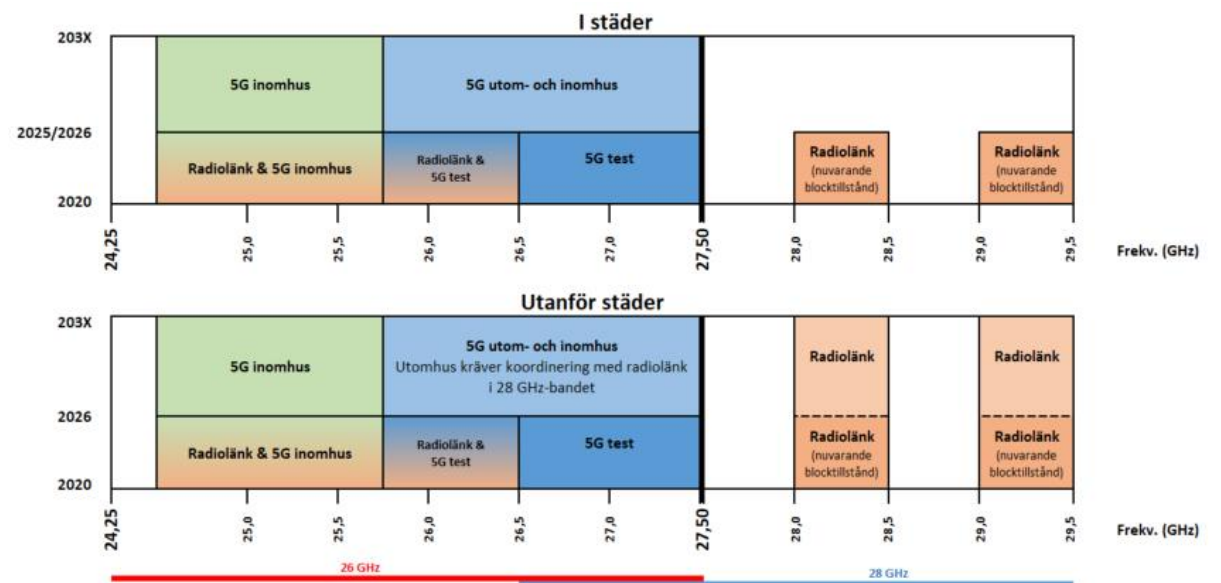
¹⁸ 3GPP TS 38.104 V15.7.0 (2019-09); New Radio (NR) operating band n257 (26500 MHz – 29500 MHz) och n258 (24250 MHz – 27500 MHz)

¹⁹ EESS – Earth Exploration Satellite Service (Jordutforskning via satellit)

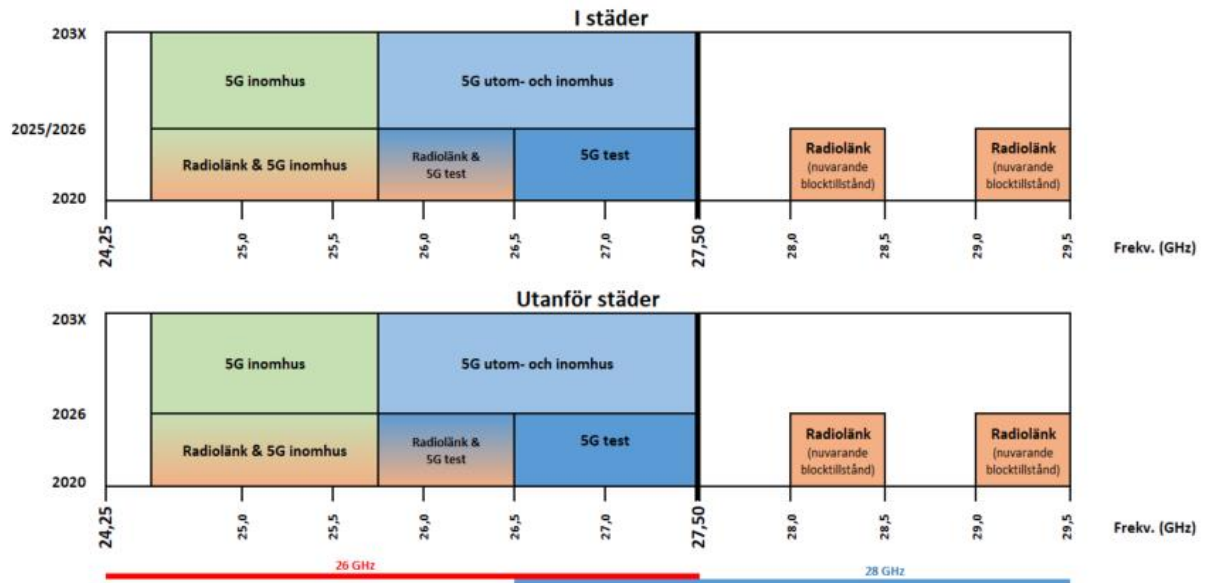
Figur 6 Scenario 1 - 5G inomhus



Figur 7 Scenario 2 - 5G utomhus i städer



Figur 8 Scenario 3 - 5G utomhus i hela landet



7.2.1 Före 2026

Under 26,5 GHz kan bandet användas för 5G inomhus där bandet inte används för radiolänk. 5G-användning utomhus skulle undantagsvis kunna vara möjlig lokalt enligt PTS bedömning, men kräver koordinering med radiolänk i såväl 26 GHz som i 28 GHz-bandet.

Ovanför 26,5 GHz finns ingen radiolänk (i 26 GHz-bandet) och således inga begränsningar till följd av denna användning, men radiolänk i 28 GHz-bandet innebär dock begränsningar för 5G-användning utomhus även i denna del av 26 GHz-bandet.

I scenario 1 *5G inomhus* möjliggörs 5G inomhus i hela bandet från år 2020.

I scenario 2 *5G utomhus i städer* och scenario 3 *5G utomhus i hela landet* är situationen densamma som i scenario 1, dvs. hela bandet kan användas för 5G inomhus. I båda scenarierna är det dock lämpligt att möjliggöra fortsatt testverksamhet för 5G till 31 december 2025 i den övre delen av bandet. Efter detta datum kan denna del av bandet användas för 5G utomhus.

7.2.2 2026 och framåt

I scenario 1 *5G inomhus* förbättras möjligheterna till 5G-utbyggnad inomhus efter 31 december 2025, eftersom radiolänkanvändningen i 26 GHz-bandet antas upphöra då.

Det som skiljer scenario 2 från scenario 1 är möjligheten till 5G utomhus i städer från och med 2026 när såväl tillståndstiden i 26 GHz-bandet som i 28 GHz-bandet löpt ut. I scenario 2 *5G utomhus i städer* antas all användning av radiolänk i 28 GHz-bandet i städer upphöra när tillståndstiden löpt ut.

Det som skiljer scenario 3 från scenario 2 är möjligheten till 5G utomhus i hela landet från och med 2026 när såväl tillståndstiden i 26 GHz-bandet som i 28 GHz-bandet löpt ut. I scenario 3 *5G utomhus i hela landet* antas all användning av radiolänk i 28 GHz-bandet, såväl i som utanför städer, upphöra när tillståndstiden löpt ut.

8 Samhällsekonomisk analys

8.1 Metod

Enligt PTS Spektrumstrategi²⁰ ska samhällsekonomisk analys ligga till grund för de val som myndigheten gör i spektrumförvaltningen och de åtgärder som ger störst nytta för konsumenterna ska prioriteras.

Den samhällsekonomiska analys som PTS gör i en given förstudie har sin bas i etablerade metoder, såsom konsument-, producent- och välfärdsteori från mikroekonomi, investeringskalkyl och kostnads-nyttoanalys, men sker också inom ramar som kan skilja sig åt mellan olika spektrumtilldelningar. Graden av internationell harmonisering, politiska beslut, historisk användning, redan installerad utrustning, långa och ibland icke-synkroniserade tillståndstider, är några av de faktorer som påverkar hur den faktiska analysen görs och hur valmöjligheterna för ett visst frekvensband ser ut. PTS Spektrumstrategi diskuterar mer allmänt kring *transaktionskostnader* och hur dessa påverkar de faktiska val som kan göras.

26 GHz-bandet är inom EU harmoniserat för markbundna system som kan användas för bredbandiga elektroniska kommunikationstjänster. Att bandet pekats ut som ett prioriterat band för 5G, avsett för mobilt bredband, industritillämpningar, IoT och andra potentiella tillämpningar, behandlas alltså som en utifrån givna förutsättning i detta dokument. Ur ett samhällsekonomiskt analysperspektiv kan EU-harmoniseringen jämföras med ett politiskt beslut om vilken användning som ska möjliggöras i frekvensbandet. Vi förhåller oss alltså till en internationellt bestämd inriktning och inom denna studerar vi olika möjliga alternativ. Av denna anledning är den samhällsekonomiska analysen fokuserad på att jämföra alternativa scenarier där 5G-tillämpningar möjliggörs i olika grad, snarare än en fullständig analys av vilken användning som är 26 GHz-bandets optimala användningsområde. Huvudkomponenterna i analysen är att diskutera den framtida nyttan av 5G-användning i de tre scenarierna, definierade i kapitel 7, och att ställa nyttan mot kostnaderna att flytta dagens användning av radiolänk till andra frekvenser eller till fiber.

Det första steget i den samhällsekonomiska analysen är alltså att definiera de olika scenarier som ska ställas mot varandra. Därefter ska nyttor och kostnader för scenarierna definieras och kvantifieras (om möjligt i monetära termer). En åtgärd såsom tilldelning av ett frekvensband (som t.ex. kan användas till mobilt bredband) kan ge upphov till *direkta effekter*, exempelvis att medborgarna

²⁰ PTS-ER-2014:16

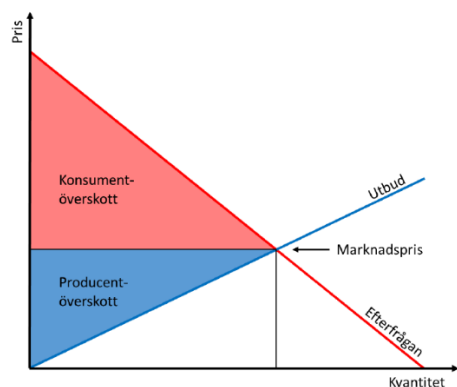
upplever ökad nytta av sin internetanvändning, eller att kostnaden att producera tjänsten sjunker. *Externa effekter* kan också uppstå, vilket skulle kunna vara att 5G-tekniken och dess tillämpningar (exempelvis distanssjukvård) leder till färre resor vilket ger positiva miljöeffekter. Dessutom finns *indirekta effekter*, exempelvis att den ekonomiska tillväxten ökar genom högre produktivitet i industrin. Analysen av nyttan med 5G i 26 GHz-bandet är relativt allmänt hållen, även om ett par exempel på nyttokvantifieringar ges. Kostnadssidan i de olika scenarierna är lättare att kvantifiera.

Det följande analyssteget är att göra en nuvärdesberäkning av nyttor och kostnader. Den framåtblickande analysen specificerar nyttor och kostnader över en bestämd tidshorisont (vi har valt en 20-årsperiod med start 2021), och sedan presenteras ett nuvärde.

Avslutningsvis sammanställs de olika scenarierna och vägs mot varandra och en kvalificerad bedömning av det mest fördelaktiga alternativet görs (i denna text sammanfattas resultaten i en tabell i avsnitt 8.4). En känslighetsanalys ska också inkluderas. Den samhällsekonomiska analysen är central eftersom den ska tydliggöra alternativen och vara ett verktyg för att fatta informerade beslut, men är inte allennärådande. Man bör hålla i åtanke de begränsningar som finns i vilka nyttor och kostnader som kan kvantifieras. Känslighetsanalys är ett sätt att hantera osäkerheten, exempelvis kan intervall för olika effekter skattas, istället för ett exakta värden.

Utöver den ovan nämnda klassificeringen av en åtgärds effekter i direkta, externa och indirekta effekter är flera andra begrepp centrala i den samhällsekonomiska analysen, vilket kort diskuteras i följande stycken. Först noterar vi dock att de i denna analys diskuterade nyttorna och kostnaderna alla är direkta effekter, medan externa och indirekta effekter inte diskuteras.

Två centrala begrepp från mikroekonomi, mer specifikt från konsument- och producentteori, är *konsumentöverskott* och *producentöverskott*. En efterfrågekurva härleds från konsumenternas nyttomaximering och en utbudskurva härleds från producenternas vinstmaximering. Efterfrågekurvan representerar hur mycket konsumenterna efterfrågar av varan till varje givet pris och utbudskurvan hur mycket av varan som bjuds ut på marknaden till varje givet pris. En marknadsvikt uppnås där efterfrågan och utbud möts och på så sätt bestäms jämviktspriset. Konsumentöverskottet representerar hur mycket konsumenterna hade varit beredda att betala för varan jämfört med vad dessa faktiskt betalar, och producentöverskottet är skillnaden mellan priset och varornas produktionskostnad (illustrerat i Figur 9 Efterfråge- och utbudskurva, för en marknad med perfekt konkurrens).

Figur 9 Efterfråge- och utbudskurva

Dödviktsförluster uppstår när en marknad inte kännetecknas av perfekt konkurrens, vilket leder till att summan av konsument- och producentöverskott blir lägre. Utöver dessa begrepp används i dokumentet termerna *ekonomisk livslängd*, som är den tid över vilken en produkt kan användas och generera nytta i sin användning, *diskonteringsränta* som är den faktor med vilken framtida monetära värden diskonteras till nutid²¹, samt *inflation*. Slutligen bygger jämförelsen mellan scenarierna på ett *alternativkostnadsresonemang*. Om exempelvis scenario 3 har högst förväntad nettonytta och därför implementeras, skulle en implementering av något av scenarierna 1 och 2, som har lägre nettonytta, medföra en kostnad i förhållande till om alternativ 3 implementeras.

8.2 Tillämpningar för 5G i 26 GHz-bandet och den därmed associerade samhällsnyttan

8.2.1 Industritillämpningar (möjliga i alla scenarier)

De i kapitel 7 beskrivna scenarierna möjliggör alla inomhusanvändning av 26 GHz-bandet från år 2020 (i analysen väljer vi dock att låta tidshorisonten löpa från 2021). De industritillämpningar för vilka 26 GHz-bandet förväntas vara bäst lämpat är lokala tillämpningar med höga kapacitetskrav men med begränsade täckningskrav. Exempel på användningar som skulle kunna bli aktuella är industriautomation och inomhusnät för intern användning på kontor och inom sjukvård.

²¹ PTS använder sig av en diskonteringsränta som motsvarar "vägd genomsnittlig kapitalkostnad" (WACC, Weighted Average Cost of Capital), som är ett mått på alternativkostnaden för kapital bundet över tid. I detta dokument använder vi WACC=6,3 %, vilket är PTS kalkylränta för det fasta nätet från 2018.

Även om de inte kan anses bero specifikt av 26 GHz-bandet har dessa tillämpningar potential att generera stora samhällsekonomiska vinster. Datainsamling från sensorer i tillverkningsindustrin, analyserade med AI-tekniker, kan leda till optimerade processer, kortare ledtider, mindre driftstopp, färre olyckor, osv. Industritillämpningar specifikt för 26 GHz-bandet är ännu under utveckling. En av effekterna av ett snabbare trådlöst kommunikationsnät och realtidsanalys av produktionsprocesser i en molnlösning med artificiell intelligens tros bli lägre underhållskostnader. Exempelvis tros driftstopp kunna förutspås med högre sannolikhet än idag och därmed kunna undvikas. Lorenz et al. (2019)²² studerar effekter av delning av maskiners sensordata i fabriker rent generellt, och skattar positiva produktivitetseffekter i en fallstudie av ett europeiskt företag med 70 maskiner. Forskare vid Chalmers har i ett 5G-pilotprojekt, med hjälp av simuleringar, uppmätt vissa positiva produktivitetseffekter av att 5G-tekniken möjliggör ett mer effektivt underhåll²³. Hur stor skulle kostnadsbesparingen kunna bli av ett mer effektivt underhåll? Om vi antar att 26 GHz-industritekniker, då de är mogna, kan minska nettokostnaden för driftstörningar i industrin med en procent, skulle detta kunna uppgå till 1 miljard per år (enligt Chalmers är underhållskostnaderna i industrin cirka 100 miljarder per år²⁴). Dessa skattningar är i dagsläget högst osäkra och tillämpningarna ligger ännu långt i framtiden men kan ändå tjäna som illustration av kostnadsbesparingspotentialen.

5G-tillämpningar inom den medicinska sektorn förutspås leda till att läkare kan behandla patienter trots att patient och läkare är geografiskt åtskilda. Ett specifikt område som kräver mycket snabba uppkopplingar och låg fördröjning är bildöverföring i realtid, där en läkare på en fysisk plats bistår en operation på ett annat sjukhus eller där en läkare gör ett expertutlåtande i realtid för en patient. Tillämpningar som denna tros leda till besparingar i transporter, ett mer effektivt användande av läkarnas tid, etc. En rapport från Expertgruppen för studier i Offentlig ekonomi (ESO) gick nyligen igenom olika effekter av digitalisering av vården²⁵. Rapporten citerar ett stort antal akademiska studier och flera av dessa skattar stora vinster av digitalisering. Exempel ges också på hur distansvård utförs i Sverige, exempelvis i Storuman och Luleå. Vi använder här en mycket enkel (och troligen försiktig) skattning av vad digitalisering kan

²² Lorenz, R., Netland, T., Roh, P., Holzwarth, V., Kunz, A., Wegener, K., 2019. Data-driven productivity improvement in machinery supply chains. *International Journal of Mechatronics and Manufacturing Systems*, 12: 3/4, 255-271.

²³ Lundgren, C., Skoogh, A., Johansson, B., Stahre, J., Friis, M., 2017. The value of 5G connectivity for maintenance in manufacturing industry. *Proceedings of the 2017 Winter Simulation Conference*.

²⁴ Chalmers, 2019. *Production Service and Maintenance Systems*. Hemsida besökt 2019-11-27 <https://www.chalmers.se/en/departments/ims/research/production-systems/Pages/production-service-maintenance-systems.aspx>

²⁵ ESO, 2018. *Operation digitalisering – en ESO-rapport om hälso- och sjukvården*.

leda till: I Sverige skedde år 2017 cirka 14 miljoner öppenvårdsbesök²⁶. Om en procent av dessa besök, från år 2030 och framåt, kan ersättas med distansläkarvård, och under antagandet att varje besök har en timmes resa under arbetstid, kan 140 000 arbetstimmar frigöras per år. Standardsättet att värdera sådana timmar är med ett alternativkostnadsresonemang, patienten hade kunnat arbeta istället för att resa. Vi skattar ett till 2021 diskonterat nuvärde a 290 miljoner kronor av denna åtgärd.²⁷ Metodologiskt utgör detta värde ett producentöverskott, eftersom det utgör en kostnadsbesparing för arbetsgivarna.

Beräkningar som denna syftar till att illustrera potentiella samhällsekonomiska vinster med den nya tekniken. Att kausalt bestämma vad i besparingen som härrör sig från 5G och vad som härrör sig från digitalisering generellt är dock en stor utmaning.

Detsamma gäller vid skattningar av exempelvis industrins produktivitetsvinster av 5G. Produktiviteten beror av en mängd faktorer och att kausalt särskilja effekten av en viss faktor, exempelvis 5G, från andra faktorer (exempelvis robotar, eller tjänstemännens vidareutbildning) är utmanande. För att specifikt studera faktorn 5G i 26 GHz-bandet skulle en studie också behöva särskilja dess effekt från t.ex. 5G i 3,5 GHz-bandet, vilket är än svårare.

PTS konstaterar att de potentiella framtida nyttorna, privata såväl som samhällsekonomiska, är stora. Med privat nytta menas här att utbyggnaden och finansieringen kan ske på kommersiell basis, att det är företagsekonomiskt lönsamt att investera i tekniken.

8.2.2 Mobilt bredband (möjligt i scenario 2 och 3)

Scenario 2 diskuterar, utöver inomhusanvändning, en användning av bandet utomhus i de 20 folkrikaste tätortsområdena (definierade som städer i scenarierna). I detta avsnitt illustreras hur nyttan med en sådan användning kan skattas.

Vi tänker oss att bandet används som kapacitetsförstärkning för mobilt bredband i dessa 20 tätortsområden. Områdena har, lågt räknat, 3 miljoner

²⁶ Socialstyrelsen, 2019. DRG-statistik 2017. En beskrivning av vårdproduktion och vårdkonsumtion i Sverige 2017.

²⁷ Anta 14 miljoner läkarbesök per år under 2030-2040 (dvs. fram till slutet av studiens tidshorisont) och att en arbetstimme värderas till 400 kronor år 2030. Följande år ökar arbetstimmens värde med 2 % inflation. Flödet av årliga besparingar diskonteras, med WACC, till år 2021, vilket ger ett nuvärde av $14\,000\,000 \times 0.01 \times \left(\frac{400}{(1.02)^9}\right) \times \left(\frac{(1.02)^9}{(1.063)^9} + \frac{(1.02)^{10}}{(1.063)^{10}} + \dots + \frac{(1.02)^{19}}{(1.063)^{19}}\right) = 292$ miljoner kronor.

mobilabonnemang²⁸ (cirka 4 miljoner invånare). Städerna har redan ett stort antal existerande basstationer/siter, och näten kommer troligtvis att vara ännu tätare i framtiden. Cirka 2 100 siter bedöms vara högkapacitetssiter idag, en siffra som vi antar ökar till 2 500 till år 2026. Dessa högkapacitetssiter i de 20 folkrikaste tätortsområdena antas alltså kunna ha behov av ytterligare kapacitet när 26 GHz-bandet blir tillgängligt.

Från år 2026 kan 26 GHz-bandet fungera som en ytterligare kapacitetsförstärkning av dessa *redan existerande siter*. Kapacitetsförstärkningen kan dock inte utnyttjas överallt, eftersom 26 GHz-signalernas räckvidd är betydligt kortare. I analysen antar vi att en tredjedel av de 3 miljoner abonnenterna kan dra nytta av kapacitetsförstärkningen, d.v.s. 1 miljon. Detta kan exempelvis vara i stadskärnor, på gågator, i köpcentrum och arenor. Med tanke på de breda kanalerna i 26 GHz-bandet är det rimligt att anta att en fördubbling av överföringshastigheterna kan uppnås i dessa områden.

Hur mycket är en sådan kapacitetsförstärkning värd för konsumenterna? Tidigare studier har skattat konsumentöverskottet för olika hastigheter av internetuppkoppling. En enkät med 1 750 respondenter gjordes på uppdrag av PTS år 2017 och kartlade priser och skattade konsumentöverskottet för olika kunder/bredbandshastigheter²⁹. Studien berör produkten ”fast bredband” men kan ändå illustrera hur konsumenter värderar bredbandshastighet och uppkopplingskapacitet generellt. Informationen vi extraherar från studien är hur konsumenter värderar en fördubbling av bredbandshastighet och vi skattar detta extra konsumentöverskott till 43 kronor/månad per konsument.³⁰ Om detta extra konsumentöverskott (justerat med 2 procents inflation) erhålls år 2026, och sedan avtar med 20 procent per år, fås ett till år 2021 (med WACC diskonterat) nuvärde i extra konsumentöverskott på 1 193 miljoner kronor för de 1 miljon abonnenter som antas kunna dra nytta av

²⁸ Detta är som framgår lågt räknat med tanke på att det första halvåret 2019 fanns cirka 11 miljoner mobilabonnemang på samtal och data enligt Svensk telekommarknad (PTS-ER-2019:22) och Sveriges befolkning uppgick till cirka 10 miljoner i slutet av 2018 enligt SCB.

²⁹ Aktilaga 12, Modell för estimering av konsumentöverskott för fast bredband, 2018

³⁰ Enkäten låter respondenter välja mellan hypotetiska bredbandsabonnemang med olika pris, hastighet och accessteknik. En respondent som väljer exempelvis 100 MB/s har valt detta framför 50 MB/s. Då kunden föredrar 100 MB/s framför 50 MB/s, trots att 50 MB/s är billigare, är konsumentöverskottet av att gå från 50 till 100 MB/s, för denna respondent, större än eller lika med prisskillnaden mellan de två alternativen. Detta resonemang har använts för olika kundgrupper/hastigheter och ett viktat medelvärde har räknats fram. En australisk studie (NBN Co, 2014) har tittat på olika scenarier och bland annat studerat det extra konsumentöverskottet av att gå från *low rate* till *high rate* och får värden som är högre än de som redovisas i rapporten.

kapacitetsförstärkningen.³¹ Om värdena realiseras med start först år 2028, blir nuvärdet 1 099 miljoner kronor, och om de realiseras med start år 2030 blir nuvärdet 1 012 miljoner kronor.

Kostnaden för 5G-utrustning i 26 GHz-bandet är en osäkerhetsfaktor. PTS antar att kostnaden för radioutrustning till idag existerande högkapacitetssiter, år 2025, kommer att vara 50 000 kronor per site. Vi antar att 2 500 siter kapacitetsförstärks på detta sätt, vilket ger ett till år 2021 diskonterat nuvärde à 98 miljoner kronor.³²

Beräkningen av konsumentöverskottet har hittills antagit att priserna för mobilt bredband inte höjs då den extra kapaciteten installeras. Det ska först noteras att installationskostnaden (i existerande siter) antas vara relativt liten, både i absoluta tal och relativt det skattade konsumentöverskottet. Om operatörerna kan höja priserna till den grad att investeringskostnaden återfås är det troligt att konsumentöverskottet inte minskar med mer än denna investeringskostnad. Huruvida operatörerna kommer att ytterligare kunna höja priserna beror på konkurrenssituationen. En undermålig konkurrens skulle kunna leda till att nyttan av den nya tekniken inte till fullo realiserar, exempelvis genom dödviktsförluster som uppstår om efterfrågan begränsas då slutkundspriset för kapacitetsförstärkningen sätts högre än vad denna kostar att realisera.³³

I scenario 3 möjliggörs utomhusanvändning i hela landet. En analog beräkning som ovan görs här som följer. Trots att 5G utomhus möjliggörs i hela landet i detta scenario begränsar vi oss till ytterligare 40 tätortsområden (21-60 i befolkningsstorlek) och vi tänker oss att kapacitetsförstärkningen enbart görs i dessa tätortsområden, som har cirka 2 miljoner invånare. Här finns proportionellt sett färre högkapacitetssiter, vi antar 500 siter. Anta att 10 procent av befolkningen kan dra nytta av kapacitetsförstärkningen.³⁴ Vi får

³¹ Datat i modellen för estimering av konsumentöverskott är från 2017 men för enkelhetens skull antas beloppet 43 kronor gälla för år 2021 (kalkylens basår), därefter sker en årlig inflationsjustering. Det till år 2021 diskonterade nuvärdet, per konsument, blir $43 \times 12 \times \left(\frac{(1.02)^5}{(1.063)^5} + 0.8 \times \frac{(1.02)^6}{(1.063)^6} + 0.6 \times \frac{(1.02)^7}{(1.063)^7} + 0.4 \times \frac{(1.02)^8}{(1.063)^8} + 0.2 \times \frac{(1.02)^9}{(1.063)^9} \right) = 1193$ kronor. Konsumentöverskottet antas realiserar den första januari varje år, och alla värden diskonteras till 2021-01-01.

³² Investeringen antas ske 2025-01-01 och diskonteras till 2021-01-01. Vid tidpunkten för denna studie finns cirka 2 100 siter med 60 MHz eller mer av installerad bandbredd ("högkapacitetssiter"), men beräkningen bygger på att 2 500 siter kapacitetsförstärks.

³³ Marknadsförhållandena är viktiga för vilka nyttor som faktiskt kan realiserar men diskuteras inte vidare i detta dokument.

³⁴ I scenario 2 antar vi att en fjärdedel av befolkningen drar nytta av kapacitetsförstärkningen (1 miljon abonnenter, 4 miljoner i befolkning). I scenario 3 antar vi, jämfört med scenario 2, 40 % så många högkapacitetssiter per capita $\left(\frac{500}{2000000} / \frac{2500}{4000000} \right)$. Därför antar vi att 40 % av en fjärdedel = 10 % drar nytta av kapacitetsförstärkningen (dvs. 200 000 abonnenter).

då ett till år 2021 (med WACC diskonterat) nuvärde i extra konsumentöverskott på 239 miljoner kronor och en radioinstallationskostnad på 20 miljoner kronor.

En fortsatt utbyggnad med nya siter, på kommersiella grunder, skulle kunna leda till ytterligare vinster för konsumenterna och producenter.

8.2.3 FWA (scenario 2 men främst i scenario 3)

Utöver kapacitetsförstärkning för mobilt bredband i städer är en utomhustillämpning som diskuteras FWA. Mot bakgrund av att fiberpenetrationen i Sverige år 2025 förutspås³⁵ vara mycket hög, förutspås FWA i 26 GHz-bandet i Sverige främst användas som lokalt komplement till den vid tidpunkten redan befintliga fiberutbyggnaden.

Det är svårt att bedöma hur marknaden för FWA kommer att utvecklas, vilket gör att alla prognoser har stor osäkerhet. Vi har valt att inte beräkna samhällsnyttan av FWA utan nöjer oss med att konstatera att scenario 3 ger större möjligheter till FWA än vad scenario 2 gör. En del av de områden som kan vara intressanta för kommersiell FWA-utbyggnad skulle kunna finnas inom den exkluderingszon som finns i scenario 2 där 5G inte kan etableras.

8.3 Kostnader för flytt av radiolänk

Scenarierna 1-3 innebär alla att 26 GHz-bandet töms på radiolänk (senast 31 december 2025). Den del av 26 GHz-länkarna som idag används till mobiloperatörernas 3G-nät (cirka 2 400 av 3 100 stycken 26 GHz-länkar) planeras, av mobiloperatörerna, vara avvecklade 31 december 2025 och i de tre scenarierna antas radiolänk vara möjligt till detta datum. Övriga cirka 700 länkar som inte används av mobiloperatörer behöver flyttas till andra frekvensband, vilket innebär byte av radioutrustning. Alternativt kan transmissionsbehovet ersättas med fiber. Scenario 2 och 3 innebär också, i varierande grad, att den transmission som idag använder radiolänkar i 28 GHz-bandet, totalt cirka 2 800 länkar, behöver flyttas till andra frekvensband eller till fiber (senast 31 december 2024). De tre scenarierna leder till olika kostnader för flytt av befintliga radiolänkar.

I avsnitt 6 har PTS gjort bedömningen att övriga radiolänkar (utöver mobiloperatörernas) kan flyttas till andra frekvensband när möjligheten att använda radiolänk i 26 GHz-bandet upphör, givet att det finns ett fortsatt frekvensbehov för radiolänk på den aktuella sträckan. Utan fortsatt tillgång till 28 GHz-bandet för radiolänk eller ökad civil radiolänkanvändning i

³⁵ PTS-ER-2019:11, Uppföljning av regeringens bredbandsstrategi 2019

frekvensband som delas med Försvarsmakten bedöms risken för frekvensbrist utanför tätort (men tätortsnära) öka i framtiden. Trots att risken för ökad frekvensbrist bedömts vara begränsad till vissa geografiska områden har PTS, i beräkning av kostnader för flytt av radiolänk, ändå tagit höjd för att en relativt stor del av länkeståndet skulle behöva ersättas med fiber.

Nyinvesteringen i radiolänkar i de båda banden antas ha varit låg sedan 2017. Detta antagande baseras på information från frekvenstillståndsansökningar och tillståndshavare.

För den samhällsekonomiska analysen är de idag existerande länkarnas ekonomiska livslängd relevant. Baserat på ovanstående antagande om låg nyinvestering gör PTS bedömningen att år 2025 kommer medelåldern på de radiolänkar som här diskuteras vara 12 år. PTS gör vidare bedömningen att länkarnas ekonomiska livslängd i medel är 17 år. PTS bedömer alltså att i de fall en radiolänk flyttas i frekvens år 2025 (2024 för 28 GHz-länkarna) skulle, oavsett frekvensbytet, detta ha behövt ske år 2030. Investeringen tidigareläggs med andra ord fem (sex) år. För en länk med total utrustnings- och installationskostnad på 100 000 kronor³⁶, blir den till år 2021 diskonterade skillnaden i investeringskostnad mellan att investera i ny utrustning år 2025 (år 2024) istället för år 2030, 15 800 kronor (19 400 kronor).³⁷ Om länken istället,

³⁶ Baserat på konsultationer med marknaden antar PTS: utrustningskostnad 65 000 kronor, installationskostnad 25 000 kronor, nedmonteringskostnad tidigare utrustning 10 000 kronor.

³⁷ Diskonterat värde för utrustning, nedmontering av tidigare utrustning och nyinstallation år 2025 minus diskonterat värde för utrustning, nedmontering och installation år 2030 = $100\,000 \times \left(\frac{(1.02)^4}{(1.063)^4} - \frac{(1.02)^9}{(1.063)^9} \right) = 15\,814$ kronor. Här antas samma underhållskostnader för gamla och nya länkar och dessa faller bort från beräkningen. Länkar av olika frekvens antas också kosta lika mycket. Ränta=WACC. Beloppet är diskonterat till 2021-01-01. Investering antas ske 2025-01-01, alternativt 2030-01-01. Beräkningen för 28 GHz-länkarna, som antas migreras ett år tidigare, sker på samma sätt, och ger beloppet 19388 kronor.

från 2025 (2024), ersätts med fiber, antar vi istället att detta belopp ökar till 173 500 kronor (195 000 kronor).³⁸

- Scenario 1 *5G inomhus* innebär att cirka 700 länkar i 26 GHz-bandet antingen flyttas till andra frekvenser eller ersätts med fiber år 2025. PTS bedömer att alla länkar i 26 GHz-bandet kan flyttas till andra frekvensband men tar i beräkningen ändå viss höjd för att utfallet kan bli ett annat, genom att anta att 60 procent av länkarna flyttas till andra frekvensband och att 40 procent ersätts med fiber. Den till 2021 diskonterade kostnaden för detta uppgår till 55 miljoner kronor.³⁹
- Scenario 2 *5G utombus i städer* innebär utöver scenario 1 att cirka 1 000 länkar i 28 GHz-bandet i de 20 största tätortsområdena (inklusive exkluderingszon) flyttas till andra frekvensband eller ersätts med fiber år 2024. 50 procent av de 1 000 länkarna antas kunna flyttas till andra frekvensband och 50 procent ersättas med fiber. Den till 2021 diskonterade totalkostnaden uppgår till 162 miljoner kronor.⁴⁰
- Scenario 3 *5G utombus i hela landet* innebär utöver scenario 2 att resterande cirka 1 800 länkar i 28 GHz-bandet flyttas till andra frekvensband eller ersätts med fiber år 2024. Dessa länkar återfinns utanför de 20 största tätortsområdena och den exkluderingszon som omger dessa, enligt scenario 2. 75 procent av de 1 800 länkarna antas kunna flyttas till andra frekvensband och 25 procent ersättas med fiber. Den till 2021 diskonterade kostnaden för detta scenario uppgår till 276 miljoner kronor.⁴¹

³⁸ Beloppet 173 460 kronor fås som följer: Från och med år 2026 till och med år 2040 antas fiberkapacitet hyras till en kostnad, i 2021 års penningvärde, av 24 000 kronor/år (beloppet justeras upp årligen med 2 % inflation). Installations- och utrustningskostnaden (optisk sändare/mottagare) år 2025 antas vara 25 000 kronor (investeringen antas ske 2025-01-01 och utrustningen tas i bruk 2026-01-01). Varje post diskonteras till 2021-01-01 med WACC och summeras. På samma sätt som i föregående fotnot subtraheras sedan det diskonterade värdet av att installera ny radiolänk år 2030. Notera att i beräkningen tänker vi oss att hyreskostnaden, som är baserad på priser för 10-åriga hyreskontrakt hos en stor svensk fiberleverantör, motsvarar en faktisk samhällsekonomisk kostnad som kommer från att fibernäten byggs ut för att kunna ersätta radiolänk i de faktiska siterna. Hur realistisk denna beräkning är kan variera och beror av en mängd faktorer, såsom den lokala tillgången på fiber, operatörernas nätplanering, marknadsförhållanden, etc. I vissa fall kan tillgänglig fiberkapacitet redan finnas, i andra (extrema) fall kan det istället bli dyrare med fiberersättning än vad som här anges. Ytterligare poster som kan komma in i kostnadsberäkningen är exv. skillnader i driftskostnader. De totala drift och underhållskostnaderna är kanske högre då egna radiolänkar används, i beräkningen skulle en sådan skillnad komma in som en minuspost. Beräkningen för 28 GHz-länkarna, som antas migreras ett år tidigare, sker på samma sätt, och ger beloppet 195 039 kronor.

³⁹ Scenario 1: $700 \times (0.6 \times 15\,814 + 0.4 \times 173\,460)$ kronor

⁴⁰ Scenario 2: Till kostnaden i scenario 1 tillkommer $1000 \times (0.5 \times 19\,388 + 0.5 \times 195\,039)$ kronor

⁴¹ Scenario 3: Till scenario 2 tillkommer $1800 \times (0.75 \times 19\,388 + 0.25 \times 195\,039)$ kronor

8.4 Slutsats kring nettonyttan

Slutsatsen av den samhällsekonomiska analysen är att nyttan av att möjliggöra 5G i 26 GHz-bandet överstiger de i analysen redovisade kostnaderna för en flytt av radiolänk till andra frekvenser eller till fiber.

Scenario 3 *5G utomhus i hela landet* bedöms ha den högsta nettonyttan.

Analysen visar att nyttan av att möjliggöra 5G i 26 GHz-bandet överstiger kostnaderna för en flytt av radiolänk till andra frekvensband eller till fiber:

- Inomhusanvändning/Industritillämpningar (tillåts i alla scenarier från år 2020) kan potentiellt generera stora kostnadsbesparingar inom exempelvis tillverkningsindustrin. Siffrorna är mycket osäkra, men de kan vara i storleksordningen miljarder kronor, medan kostnaderna för att utrymma 26 GHz-bandet är låga (här skattat till 55 miljoner kronor).
- I scenario 2 har vi skattat en ytterligare nytta (utöver scenario 1) av mobilt bredband a 1193 miljoner kronor medan kostnadsökningen är 98 miljoner kronor (radioutrustning till mobilt bredband) plus 107 miljoner kronor (flytt av radiolänk).
- I scenario 3 tillkommer en ytterligare nytta (utöver scenario 2) av mobilt bredband a 239 miljoner kronor medan kostnadsökningen är 20 miljoner kronor (radioutrustning till mobilt bredband) plus 114 miljoner kronor (flytt av radiolänk).

Scenario 3 har alltså högst nettonytta. Figur 10 nedan sammanfattar nettonyttan för varje scenario utifrån kvantifieringar av nyttor och kostnader.

Figur 10 Nettonytta

Nyttor	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Industritillämpningar/Inomhusanvändning	Kan vara i storleksordningen miljarder kronor	Kan vara i storleksordningen miljarder kronor	Kan vara i storleksordningen miljarder kronor
Mobilt bredband utomhus Potentiellt konsumentöverskott Investering i radioutrustning		1193 -98	1432 -118
Netto		1095	1314
FWA	Har inte skattats	Har inte skattats	Har inte skattats
Kostnader			
Flytt Radiolänk	55	162	276
Nettonytta i förhållande till scenario 1	-	933	1038

Alla belopp i tabellen är angivna i miljoner kronor. Samtliga värden är behäftade med osäkerhet och tabellen ska ses som en illustration av hur de olika scenarierna kan rangordnas, enligt resonemangen i texten.

8.4.1 Känslighetsanalys

Tre räkneexempel på nyttor har i avsnitt 8.2 presenterats avseende ”mer effektivt industriunderhåll” och ”distanssjukvård” respektive för ”mobilt bredband utomhus”. Varje sådant räkneexempel kan ifrågasättas i termer av antaganden. Vad gäller inomhusanvändning/industritillämpningar har vi valt att presentera relativt försiktiga estimat och exempel på vad automatisering/digitalisering generellt kan medföra i kostnadsbesparingar. Dessa exempel kan, med de ovan redovisade kostnaderna (scenario 1), skalas ned utan att påverka slutsatsen. I scenario 2 har vi antagit att, från år 2026, kommer en miljon abonnenter kunna få en kapacitetsförstärkning av sin mobila bredbandsuppkoppling och att denna kapacitetsförstärkning efterfrågas av konsumenterna. Om vi istället antar hälften så många abonnenter (500 000), från år 2030, kommer också i detta scenario nyttan att överstiga de ovan redovisade kostnaderna för flytt av radiolänk. Vi skulle också kunna räkna med en dubbelt så hög kostnad för installation av radioutrustning, utan att slutsatsen förändras.⁴² För scenario 3 skulle vi också kunna räkna med en dubbelt så hög radioinstallationskostnad, för mobilt bredband, utan att slutsatsen att scenario 3 är det mest fördelaktiga förändras. Dock är denna slutsats mycket känsligare för antagandena än vad jämförelsen mellan scenarierna 1 och 2 är. Om exempelvis nyttan halveras och kostnaden för kapacitetsförstärkningen fördubblas skulle scenario 3 ha en negativ nettonytta à cirka 35 miljoner kronor, i förhållande till scenario 2.⁴³

Det ska noteras att vi valt att inte räkna på den nettonytta som kan komma av ytterligare utbyggnad (nya siter) av mobilnäten och av FWA. Som ovan beskrivits lyfts FWA fram som en teknik som skulle kunna fylla luckor där fibertäckning inte finns. I den mån FWA byggs ut på kommersiell basis kommer det därmed förenade konsument- och producentöverskottet att tillkomma till de ovan beskrivna nyttorna.

En relevant osäkerhetsfaktor i analysen är kostnaden för en eventuell fiberutbyggnad i tätortsnära områden och kostnaden skulle kunna bli högre än den ovan beräknade. Om fiberkostnaden fördubblas, i scenario 2, skulle kostnaden för flytt av radiolänk i detta scenario bli cirka 309 miljoner kronor

⁴² I detta fall skulle nyttan bli hälften av de 1012 miljoner kronor som rapporteras i avsnitt 8.2.2 och radiokostnaden 196 miljoner kronor. Det är troligt att investeringskostnaden för kapacitetsförstärkningen skulle komma senare och vara mindre i omfattning (färre siter och priser som sjunker över tid). Scenario 2 skulle fortsatt ha högre nettonytta än scenario 1 (och ingenting förändras i förhållande till scenario 3).

⁴³ $239/2 - 2 \times 20 - 114$ miljoner kronor = -34.5 miljoner kronor

(och 510 miljoner kronor i scenario 3). Å andra sidan sker idag en kraftig fiberutbyggnad – vilket bör leda till lägre framtida fiberkostnader - och det relevanta för den här föreslagna flytten ut ur 28 GHz-bandet är hur stor utbyggnad som är prognosticerad att ha skett år 2024.

8.4.2 Särskilt om 28 GHz-bandet

En principiellt viktig fråga i analysen gäller 28 GHz-bandet. Eftersom 5G i 26 GHz-bandet inte kan samexistera med radiolänk i 28 GHz-bandet behöver 28 GHz-bandet analyseras tillsammans med 26 GHz-bandet, trots att den på EU-nivå bestämda harmoniseringen enbart gäller 26 GHz. Detta aktualiserar följande frågor:

- Ska en mer komplett analys av nyttan av 28 GHz-bandet som (primärt) ett radiolänkband göras? Denna fråga aktualiseras också av att det finns en ökad risk för frekvensbrist utanför tätort, men tätortsnära, i framtiden.
- Ska en mer komplett samhällsekonomisk analys av 28 GHz-bandet göras, med en diskussion om olika användningsområden och deras respektive nytta?

Vad gäller den första punkten har den samhällsekonomiska analysen och slutsatserna ovan antagit att de förutsättningar som diskuteras i kapitel 6 är uppfyllda, dvs. att optisk fiberkapacitet finns tillgänglig samt eventuellt ökad civil användning av radiolänk i frekvensband som delas med Försvarsmakten. Under dessa förutsättningar kan 28 GHz-bandet inte ses som en knapp resurs för användningen radiolänk, varken för dagens mobilnät eller de framtida mobilnäten. Därmed görs ingen komplett analys av bandets nytta för användningsområdet radiolänk.

9 Förslag

9.1 Att möjliggöra 5G

5G i 26 GHz-bandet bör möjliggöras på följande sätt:

- 5G inomhus från år 2020 i hela landet.
- 5G utomhus från år 2026 i hela landet. I Stockholm, Göteborg och Malmö eventuellt från 2025.
- Fortsatta 5G-tester (även utomhus) fram till 2025.

Scenario 3 - *5G utomhus i hela landet* är det alternativ som har den högsta nettonyttan enligt den samhällsekonomiska analysen.

Genom scenariot möjliggörs följande, vilket även är vad PTS föreslår:

- 5G inomhus från år 2020 i hela landet.
- 5G utomhus från år 2026 i hela landet. I Stockholm, Göteborg och Malmö eventuellt från 2025.
- Fortsatta 5G-tester (även utomhus) fram till 2025.

På detta sätt tillåter PTS användning av minst 1 GHz av 26 GHz-bandet senast den 31 december 2020 i form av tillstånd för inomhusanvändning och testtillstånd, av vilka det senare redan tilldelas idag. Enligt kommissionen ska medlemsstaterna tillåta användning av minst 1 GHz senast detta datum för att underlätta 5G-utbyggnaden. Detta under förutsättning att det finns en tydlig efterfrågan från marknaden. PTS har i samtal med aktörer inte kunna fastställa någon efterfrågan på frekvenser för 5G i 26 GHz-bandet i närtid. Inte heller framkom tidplaner för när behovet kan uppkomma. Vad gäller spektrummängd har mobiloperatörer uttryckt behov på 400 MHz till 1 GHz. Även industrin har uttryckt framtida behov av spektrum men inte specificerat detta närmare. Synpunkter har framkommit på såväl att PTS bör avvakta med att tilldela frekvenser tills hela 26 GHz-bandet blir tillgängligt som att PTS bör tilldela en mindre del av bandet i slutet av 2020. Någon efterfrågan på en auktion under år 2020 har PTS dock inte sett.

En annan förutsättning för att tillåta användning av minst 1 GHz senast 2020 är att det saknas betydande hinder för flytt av befintliga användare eller tömning av frekvensband. Som redogjorts för i förstudien föreligger hinder för tömning av 26 GHz-, men även 28 GHz-bandet, på grund av gällande frekvenstillstånd vilket gör att utomhusanvändning av 5G inte kan möjliggöras till 31 december 2020.

Även om det inte finns en tydlig efterfrågan på frekvenser för 5G i närtid anser PTS att det är motiverat att möjliggöra användning av 5G inomhus redan år 2020, då detta kan göras utan att någon annan användning trängs undan.

9.2 Radiolänk i 26 GHz-bandet

Radiolänk föreslås möjliggöras i 26 GHz-bandet till och med 31 december 2025. Därefter upphör all radiolänk i bandet.

Eventuellt skulle radiolänkanvändning i Stockholm, Göteborg och Malmö endast möjliggöras till och med 31 december 2024.

Som framgått tidigare i förstudien kan 5G utomhus inte samexistera med radiolänk i samma geografiska område. Det gäller oberoende av om radiolänkanvändningen finns i 26 GHz- eller 28 GHz-bandet. Tillstånden i 26 GHz-bandet är som längst giltiga till 31 december 2023. Tillstånden i 28 GHz-bandet går dock ut ett år senare den 31 december 2024, vilket gör att det tidigaste datum då 5G utomhus skulle kunna möjliggöras är från och med den 1 januari 2025.

Som beskrivits tidigare har flera aktörer med befintliga radiolänktillstånd uttryckt ett behov av frekvenser i 26 GHz-bandet fram till och med utgången av år 2025 och önskar därför förlänga dagens tillstånd till den 31 december 2025. Detta eftersom tillstånden i 2,1 GHz-bandet som används för 3G går ut vid denna tidpunkt och radiolänk i 26 GHz-bandet används som transmissionslösning till dessa 3G-nät.

Även om radiolänk finns kvar i de två banden ser PTS att inomhusanvändning för 5G i 26 GHz-bandet kan möjliggöras år 2020. För att möjliggöra utomhusanvändning krävs flytt av radiolänk. På grund av gällande tillstånd för radiolänk finns det hinder för en flytt av radiolänkarna i 26 GHz-bandet före 31 december 2023. Eftersom tillstånden i 2,1 GHz-bandet, som används för 3G-nät, går ut 31 december 2025 skulle ett upphörande av användningen av radiolänk i 26 GHz-bandet före den 31 december 2025 enligt operatörerna innebära en förtida avveckling av delar av 3G-näten.

PTS föreslår därför att radiolänk fortsatt ska möjliggöras i 26 GHz-bandet fram till och med den 31 december 2025, vilket också är det antagande som gäller samtliga scenarier. Ett alternativ vore att möjliggöra 5G i Stockholm, Göteborg och Malmö ett år tidigare genom att endast tillåta radiolänkanvändning i dessa områden i 26 GHz-bandet fram till och med 31 december 2024. I de centrala delarna av Stockholm, Göteborg och Malmö används inte 26 GHz-bandet som transmissionslösning för 3G-näten i samma

utsträckning som i resten av landet. Detta beror främst på att den tillståndshavaren med flest radiolänkförbindelser i bandet inte har något 3G-nät i dessa områden. I möten med aktörer framkom att det största intresset av frekvenser initialt antas finnas i Stockholm, Göteborg och Malmö.

9.3 Radiolänk i 28 GHz-bandet

Radiolänk i 28 GHz-bandet föreslås upphöra 31 december 2024 då tillståndstiden går ut.
--

Det valda scenariot, *5G utomhus i hela landet*, förutsätter att radiolänk upphör helt i 28 GHz-bandet då tillståndstiden för dagens blocktillstånd löper ut den 31 december 2024.

PTS bör dock undersöka möjligheterna till ökad civil användning i frekvensband som delas med Försvarsmakten för att undvika en framtida risk för frekvensbrist för radiolänkanvändning utanför tätort, men tätortsnära.

Genom att tömma 28 GHz-bandet möjliggörs även framtida användningar av bandet som kan samexistera med 5G i 26 GHz-bandet.

9.4 Uppdaterad behovsanalys 2022

PTS har för avsikt att genomföra en uppdaterad behovsanalys 2022 inför tilldelning av tillstånd för 5G utomhus i 26 GHz-bandet. En behovsanalys för 28 GHz-bandet bör genomföras vid samma tillfälle.

Enligt vad som föreslagits ovan kan tillstånd för 5G utomhusanvändning tilldelas först 2025 eller 2026. PTS har för avsikt att genomföra en uppdaterad behovsanalys år 2022 inför en kommande tilldelning av tillstånd för 5G utomhus. Myndigheten anser att det idag är för tidigt att slå fast former för en tilldelning som ligger så långt fram i tiden. Särskilt med tanke på att det handlar om nya tillämpningar och marknader som inte finns idag och eventuellt nya marknadsaktörer.

Vid samma tillfälle bör även en behovsanalys för 28 GHz-bandet genomföras.

10 Tillstånd

10.1 Inledning

Utifrån det rekommenderade scenariot, *5G utombus i hela landet*, föreslår PTS hur tillstånd för fasta länkar (radiolänk) ska hanteras och möjliga tillståndsformer för trådlösa bredbandstjänster (5G) diskuteras i detta avsnitt.

Handlingsutrymmet för den framtida användningen av 26 GHz-bandet begränsas av nationella regler och internationella överenskommelser.

10.2 Förlängning av tillstånd för fasta länkar (radiolänk)

I enlighet med prop. 2009/10:193 är utgångspunkten att tillstånd att använda en viss radiosändare ska förlängas vid tillståndstidens utgång, om förutsättningarna i 3 kap 6 § i LEK för att beviljas tillstånd är uppfyllda. I 3 kap 6 § punkt 4 framgår det bland annat att tillstånd att använda radiosändare ska beviljas om radioanvändningen inte kommer att ta i anspråk frekvensutrymme för vilket radioanvändningen har harmoniserats i enlighet med bestämmelser antagna med stöd av fördraget om Europeiska unionens funktionssätt. Som påvisats ovan är 26 GHz-bandet harmoniserat för trådlösa bredbandstjänster. Av artikel 4 i kommissionsbeslutet framgår det dock att medlemsstaterna får tillåta fortsatt drift av fasta länkar inom frekvensbandet 24,25 – 27,5 GHz om markbundna system för trådlösa bredbandstjänster kan samexistera med sådana fasta länkar genom delad spektrumanvändning. PTS har således möjlighet att fortsatt tillåta användning för fast radio i 26 GHz-bandet, om dessa kan samexistera med ovan nämnda system.

PTS kan under vissa angivna förutsättningar besluta att inte förlänga giltighetstiden eller att medge förlängning med en kortare tid eller på ändrade villkor. Enskilda tillstånd ska som utgångspunkt förlängas med samma tid som tillståndets ursprungliga giltighetstid, men dock inte längre än fem år i taget, 3 kap § 12 a. § Det framgår av prop. 2009/10:193 att omplaceringar kan behöva göras till följd av att PTS avser bereda plats för fler användare inom samma frekvensutrymme. För att tillgodose sådana önskemål kan det vara tillräckligt att förlängning först sker med en kortare tid. Förlängning ska alltså kunna ske med kortare tid om förutsättningarna för att meddela tillstånd enligt 3 kap 6 § LEK därigenom kan uppfyllas.

Tillstånd att använda radiosändare inom ett visst frekvensutrymme (blocktillstånd) får dock inte förlängas, 3 kap § 12 b.

10.2.1 Tillstånd för radiolänk i 26 GHz-bandet

PTS föreslår att innehavare av tillstånd för enskilda radiosändare skulle kunna få en förlängning av dagens tillstånd med samma villkor som i de nu gällande tillstånden. Detta är samma förfarande som tillämpas i andra sammanhang, dvs. att tillståndshavaren kan räkna med en förlängning med motsvarande tillståndstid som gällande tillstånd eller maximalt fem år.

Tillstånden föreslås förlängas till och med den 31 december 2025, eventuellt med undantag för tillstånd i Stockholm, Göteborg och Malmö som skulle kunna få ett års kortare förlängning till och med den 31 december 2024. Förslaget gäller enligt 3 kap. 12 § LEK, vilket innebär att tillstånd att använda radiosändare förlängs om de förutsättningar för att meddela tillstånd som anges i 3 kap. 6 § LEK är uppfyllda.

Av 3 kap 12 b § LEK framgår det att blocktillstånd inte får förlängas, varför innehavare av blocktillstånd⁴⁴ i 26 GHz-bandet föreslås ansöka om enskilda sändartillstånd för de radiolänkar som tillståndshavaren avser att ha i fortsatt drift efter 31 december 2021. Tillstånden föreslås gälla till den 31 december 2025 (eller eventuellt 2024 i Stockholm, Göteborg och Malmö). Förslaget medför inte att PTS kommer att frångå prövning av ansökan om tillstånd att använda radiosändare i enlighet med 3 kap. 6 § LEK.

10.3 Tillstånd för trådlösa bredbandstjänster (5G)

Tillstånd att använda radiosändare ska beviljas för en bestämd tid⁴⁵ och när tillståndstiden bestäms ska PTS särskilt beakta: 1) framtida förändringar i radioanvändningen, 2) den tid som sändaren är avsedd att användas, 3) den tekniska utveckling som kan väntas, 4) den tid som krävs för att uppnå ett rimligt utbyte av utrustningen, och 5) sådant tillstånd som enligt 3 kap 6 § andra stycket LEK utgör förutsättning för tillstånd att använda radiosändare.

Med det nya EU-direktivet kommer en ny lag om elektronisk kommunikation att införlivas i svensk rätt. Regeringen arbetar för närvarande med att ta fram den nya lagen som förväntas träda i kraft 21 december 2020. PTS beaktar därför EU-direktivet i kartläggningen av de juridiska förutsättningarna för tilldelning av frekvenser i 26 GHz-bandet för att få en långsiktig och framåtblickande frekvensförvaltning som överensstämmer med de krav som följer av EU-direktivet.

Av EU-direktivet följer att tillstånd att använda radiosändare i frekvensband som är harmoniserade för trådlösa bredbandstjänster ska löpa under minst 15 år, med rätt till förlängning så att den sammanlagda tillståndstiden blir minst

⁴⁴ Se avsnitt 2.1

⁴⁵ 3 kap 12 § LEK

20 år. Detta för att medge en tillräckligt lång avskrivningsperiod för investeringarna, säkerställa konkurrens och ändamålsenlig och effektiv användning av radiospektrum, samt att främja innovation och effektiva investeringar.⁴⁶

10.3.1 Tillstånd för 5G enbart inomhus

PTS föreslår att 5G-tillstånd för inomhusanvändning ska tilldelas i den nedre delen av 26 GHz-bandet (under cirka 25,7 GHz). Skälet för att placera 5G inomhus i denna del av bandet är att storleken på det skyddsband som behövs för att skydda vetenskapliga tjänster i 23,6-24 GHz skulle kunna bli mindre jämfört med för 5G utomhus. Genom att placera 5G-tillstånden för inomhusanvändning i denna del av bandet kan också tillstånd erbjudas från och med det att bandet öppnas och utan behov av frekvensmässig flytt mellan åren 2025 och 2026.

Som tidigare beskrivits är en trolig användning för 5G inomhus industritillämpningar och inomhusanvändning för kontor och inom sjukvård. Även mobilt bredband i gallerior, arenor och på kontor skulle kunna vara aktuellt. En lämplig tilldelningsform skulle därför kunna vara lokala tillstånd vilket PTS även föreslagit för frekvensutrymmet 3720-3800 MHz. Genom att tillämpa samma princip i båda banden blir det möjligt för en 5G-intressent att ”överlagra” 26 GHz ovanpå 3720-3800 MHz.

Beaktat investeringstrygghet och att tillståndshavarna ska få tillräckligt långa avskrivningsperioder för investeringarna så föreslår PTS att tillståndstiden bestäms till 20 år.⁴⁷

10.3.2 Tillstånd för 5G både utom- och inomhus i tätorter

I tätorter kan 5G-nät i 26 GHz-bandet tjäna som kapacitetsförstärkning till 5G-nät i lägre frekvensband för mobilt bredband. För den typen av användning är de ofta en fördel om tillståndshavaren själv kan planera sitt nät och enkelt anpassa detta utifrån skiftande behov. Tillstånd skulle kunna tilldelas i form av geografiskt begränsade blocktillstånd eller som nationella blocktillstånd. Detta är dock för tidigt att slå fast idag.

Tilldelning av tillstånd för 5G utomhus i tätorter ovanför cirka 25,7 GHz skulle kunna tilldelas med giltighetstid från tidigast 1 januari 2026 (eventuellt från 2025 i Stockholm, Göteborg och Malmö).

⁴⁶ Artikel 49, EU-direktiv (EU) 2018/1972

⁴⁷ 3 kap 12 § andra stycket punkten 4 LEK. Jfr artikel 49 i EU-direktivet.

Beaktat investeringstrygghet och att tillståndshavarna ska få tillräckligt långa avskrivningsperioder för investeringarna så bör tillståndstiden bestämmas till 20 år.⁴⁸

10.3.3 Tillstånd för 5G både utom- och inomhus utanför tätorter

Utanför städer förväntas användningen av 26 GHz-bandet för 5G vara mer geografiskt spridd och densiteten av sändare lägre jämfört med tätorter. Användningen skulle exempelvis kunna vara FWA-nät i områden där fiber saknas, industrianvändningar utomhus eller förstärkning av mobilt bredband vid evenemang. För sådana användningar skulle enskilda sändartillstånd kunna vara aktuella. Detta är dock för tidigt att slå fast idag.

Tilldelning av tillstånd för 5G utomhus i hela landet ovanför cirka 25,7 GHz skulle kunna tilldelas med giltighetstid från tidigast 1 januari 2026.

Tillstånden kommer att tilldelas enligt 3 kap 6 § LEK. Beaktat investeringstrygghet och att tillståndshavarna ska få tillräckligt långa avskrivningsperioder för investeringarna så bör tillståndstid om bestämmas till 20 år.⁴⁹

10.4 Testtillstånd

Tillstånd att använda radiosändare ska beviljas för en bestämd tid enligt 3 kap 12 § LEK. Av förarbetena framgår att tillstånd avsedda för vetenskaplig eller annan testverksamhet får beviljas kortare tillståndstid. Förlängning får dock endast ske för tillstånd som överstiger sex månader.⁵⁰ Om testtillstånd beviljas för längre tid än sex månader bör det framgå av tillståndsvillkoren att tillståndet inte förlängs efter tillståndstidens utgång. Testtillstånd ska även förenas med villkor om delad användning enligt 3 kap 11 § punkt 5 om skyldighet för sökanden av att dela frekvensutrymme med annan. Det innebär således att tillståndshavaren inte beviljas exklusiv rätt över frekvensutrymmet och kan därmed inte räkna med skydd från risken för skadlig störning, som allvarligt försämrar eller upprepat avbryter användningen.

⁴⁸ Ibid

⁴⁹ Ibid

⁵⁰ Prop. 2009/10:193 s. 74-75

10.4.1 Tillstånd för 5G test

Fram till 2026 ser PTS att det fortsatt bör vara möjligt att bedriva testverksamhet för 5G i 26 GHz-bandet.

Utöver nya tillstånd för testverksamhet föreslår PTS att befintliga innehavare av tillstånd för testverksamhet, som önskar förlänga dessa, ska beviljas en förlängning som motsvarar den ursprungliga tillståndstiden eller högst fem år, 3 kap 12 § LEK.

Samtliga tillstånd för testverksamhet kommer dock som längst kunna löpa fram tills 31 december 2025 och kan komma att få ändrade tillståndsvillkor under giltighetstiden. Detta för att möjliggöra en tilldelning av tillstånd för 5G utomhus på bred front från den 1 januari 2026 ovanför 25,7 GHz.