Rapportnummer
PTS-ER-2017:12

Datum
2017-05-12

Rapport:
Inventering frekvens-användning över 6 GHz

Inventering frekvensanvändning över 6 GHz

Rapportnummer
PTS-ER-2017:12

Diarienummer
17-5533

ISSN
1650-9862

Författare
Magnus Wikberg

Post- och telestyrelsen
Box 5398
102 49 Stockholm

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

Förord

Inventeringen av frekvenser över 6 GHz är en del av PTS arbete med strukturerad förberedande inventering för att hitta underutnyttjat spektrum. Inventeringen är grunden för analys av utbud och efterfrågan, samt av samhällsnyttan med olika alternativ till begränsningar (i t.ex. möjliga användningsområden) som PTS gör inför spektrumtilldelning.

Syftet med *Inventering av frekvensanvändning över 6 GHz* är att samla in statistik av den faktiska användningen av spektrum mellan 5,93 till 83,125 GHz för framtida analys och planering av frekvensområdet.

tekn. dr. Magnus Wikberg
Handläggare

Innehåll

Förord **3**

Sammanfattning **7**

1 Inledning **8**

2 Fast radio användning **9**
2.1 Fast radio spektrum 9
2.1.1 Enskilda tillstånd 9
2.1.2 Blocktillstånd 10,5 GHz 13
2.1.3 Blocktillstånd 26 GHz 14
2.1.4 Blocktillstånd 28 GHz 14
2.1.5 Undantaget från tillståndsplikt, 58 och 60 GHz-bandet 14
2.1.6 Frekvensband ej öppet för tillståndsgivning 14

3 Försvarets användning **15**
3.1 Försvarets spektrum 15
3.1.1 Nuvarande användning 15
3.1.2 Framtida användning 16

4 Satellitanvändning **17**
4.1 Satellitspektrum 17
4.1.1 Tillståndsgiven användning 18
4.1.2 Sändning av TV och bredband 19

5 Övrig användning **21**
5.1 Användning undantagen från tillståndsplikt 21
5.2 Frekvensband utan användning 23
5.3 Frekvensband där radiosändning är förbjuden 24
5.4 Onsala rymdobservatorium 24
5.5 Mobil videolänk 25

Tabeller

Tabell 1) Frekvensband (där 6,2G och 6,7G även kallas låga- respektive höga-6), frekvenser och duplexkanal, total bandbredd för hela kanalen, antalet länkhopp. *) blocktillstånd. 9

Tabell 2) Frekvensområden allokerade för satellitanvändning för fixed-satellite service (FSS), broadcasting satellite service (BSS) och mobile satellite service (MSS) för både jordstationer, kommunikationssatelliter och frekvenser avsedda för forskning via satellit. Användning helt eller delvis delad med +) fast radio eller ¤) Försvarsmakten *) användningen undantagen från tillståndsplikt 17

Tabell 3) Antalet registrerade frekvenser för sändning respektive mottagning i olika frekvensområden för fixed-satellite service (FSS), broadcasting satellite service (BSS) och mobile satellite service (MSS) för både jordstationer och kommunikationssatelliter. 19

Tabell 4) Undantagna frekvenser från tillståndsplikt och dess användning. För specifikationer angående de undantagna banden se undantagsförskrift PTSFS 2014:5. UWB står för ultra-wide-band och telematrikutrustning är utrustning för datakommunikation mellan maskin till maskin som exempelvis hjälpmedel för styrning, övervakning och underhåll. 21

Tabell 5) Tabell över band där det inte är någon användning, i vissa fall inte ens allokerade, och dess bandbredd i MHz. Listade är även band för mottagning av utländska satelliter (nedlänk), tomma skyddsband för fast radio (FR) och för kortdistansradar (SRR – short range radio). 23

Tabell 6) Frekvenser där all radiosändning är förbjuden, ITU-R 5.340 med vissa undantag [1] ITU-R 5.483 [2] ITU-R 5.511 24

Tabell 7) Frekvenser som PTS skyddar mot störning vid Onsala rymdobservatorium. +) frekvensområdet innehåller undantag från tillståndsplikt *) 76–77 GHz reserverat för fordonsradar 24

Tabell 8) Frekvenser för videolänk. Samtliga frekvenser är mittluckor mellan duplex-kanalerna för fast radio. 25

Figurer

Figur 1) Värmekartor för beläggningen av enskilda sändare för a) låga band (6,2, 6,5, 7 och 8 GHz) b) frekvensband i mellanband (13, 15 och 18 GHz) och c) höga band (23, 26, 32, 38 och 70/80 GHz-banden). 10

Figur 2) Fördelning av antal länkar med enskilda tillstånd uppdelat i mobiloperatörer (svarta staplar) och övriga tillståndshavare (röda staplar). Mobiloperatörer är Hi3G, Net4Mobility (Telenor och Tele 2) samt Telia Company. Övriga är exempelvis Teracom, elbolag och MSB. 28 GHz och 70/80 GHz-banden är inte medtagna då de har 4 respektive 5 enskilda tillstånd. 11

Figur 3) Nyttjandekvot (N_k) per frekvensband. Blocktillstånden är ej med i samman-ställningen samt 28 GHz och 70/80 GHz-banden då de har bara har 4 respektive 5 enskilda tillstånd 13

Figur 4) Den militära tilldelningen av spektrum över 6 GHz i a) primärt militära band (grön) samt b) försvarets totala användning (röd), både primärt militärt och primärt civil användning sammanlagt, av spektrum. 16

Figur 5) Försvarets fördelning av användning av spektrum över 6 GHz där ljusgrå är försvarets telenät och lila är radar för a) primärt militära band och b) primärt militärt och primärt civila band sammanlagt. 16

Figur 6) Täckningskartor för a) Nordic BSS, b) Europe BSS och c) Europe A där alla är i Ku-bandet. Angivna värden i bild är EIRP (dBW) från www.lyngsat-Maps.com 19

Figur 7) Antal, till PTS, inrapporterade abonnemang för bredband via satellit (vinröd), satellit-tvfrån Canal Digital (ljusblå) och Viasat (svart). Totala antalet abonnemang för TV och bredband via satellit år 2016 var 635 600. 20

Sammanfattning

Detta är en inventering av frekvensanvändningen över 6 GHz där vi försökt kartlägga användningen av de olika banden. Den utgår från C-bandet vid 5 930 MHz och fortsätter till 70/80 GHz-bandet som slutar vid 83 125 MHz. Ovanför 70/80 GHz-bandet är radioanvändningen väldigt begränsad och kommer därför inte att tas med i denna statistikrapport. Totalt omfattas 77 195 MHz spektrum i denna inventering.

Fast radio har mest allokerat spektrum, 57 132 MHz, och flest antal tillstånds-givna sändare, 46 160 stycken. Där ingår även 1 222 MHz för blocktillstånd, 7 000 MHz undantaget från tillståndsplikt samt 21 086 MHz som för närvarande är stängt för tilldelning. Försvarsmakten har 10 677 MHz till sitt förfogande för användning över 6 GHz. Mestadels delas utrymmet med andra användare, och användningen domineras helt av radar och försvarets radiolänk-nät. Satellit har ett utrymme på 15 933 MHz där även denna användning till stor del delar utrymmet med fast radio och försvaret. Satellitanvändningen domineras av nedlänk (som inte kräver tillstånd) och användning undantagen från tillståndsplikt vilket kan förklara att antalet tillstånd bara är 33 stycken. Dock återfinns här flest privata mottagare, med 635 600 abonnenter för tv och bredband via parabol. Frekvenser undantagna från tillståndsplikt är totalt 28 600 MHz och omfattar allt från radar, amatörradio, satellitmottagning till nivåmätning av kärl. Därtill tillkommer 13 179 MHz som är utan användning, 2520 MHz där all radiosändning är förbjuden och 282 MHz som är avsatta för mobil videolänk. PTS har även åtagit sig att skydda ett sammanlagt frekvensutrymme om 41 994 MHz, varav 9 119 MHz ingår i det undersökta frekvensutrymmet, med en radie av 100 km runt Onsala rymdobservatorium från störning på deras frekvenser för forskning.

Observera att om man lägger ihop frekvensmängden i andra stycket ovan blir summan högre än vad som anges i första stycket ovan på grund av att användnings-områdena delvis delar frekvensband.

1 Inledning

Inför spektrumtilldelning lägger PTS stor vikt vid strukturerad förberedande inventering för att hitta underutnyttjat spektrum och analysera utbud och efterfrågan, samt analysera samhällsnyttan med olika alternativ till begränsningar (i t.ex. möjliga användningsområden). Fram tills nu har stor vikt lagts vid de lägre frekvensbanden (för exempelvis tv och mobilt bredband) vilket nu gör det naturligt att flytta fokus till de högre frekvensbanden för exempelvis fast radio och satellit.

Inventeringen av frekvenserna över 6 GHz syftar till att kartlägga användningen av de olika banden och utröna hur effektivt de används och möjliggöra för en framtida analys och planering av frekvensutrymmet. Den utgår från C-bandet, ibland benämnt låga 6 GHz-bandet som börjar vid 5930 MHz och fortsätter upp till höga duplexkanalen av 70/80 GHz-bandet som slutar vid 83 125 MHz. Resterande del, upp till 85 998,75 MHz är för närvarande stängd för tilldelning. Ovanför 70/80 GHz-bandet är radioanvändningen väldigt begränsad och kommer därför inte att tas med i denna statistikrapport. Totalt omfattas därmed 77 195 MHz spektrum från 5,93 GHz till 83,125 GHz i denna inventering.

Inventeringen är uppdelad per användningsområde med först fast radio följt av försvarets användning, satellit och därefter övrig användning så som undantag från tillståndsplikt och frekvensband där radiosändning är förbjuden, tomma band och mobil videolänk.

Rapporten utgår från frekvensplanen (PTSFS 2015:3) och i studien har det antagits att alla tillståndshavare i frekvens- och tillståndsregistret (FTR) använder de enskilda tillstånd (frekvenser som de har sökt och blivit tilldelade) som de har och att antalet frekvenser/tillstånd som inte används är försumbart litet för enskilda tillstånd.

2 Fast radio användning

Största användningsområdet för spektrum över 6 GHz är fast radio, även kallat radiolänk. Fast radio används främst av mobiloperatörer, där hälften av alla radiolänkhopp i Sverige används för att mata mobilbasstationer, men även för trådlöst internet, distribution av radio och tv-program och samhällsviktiga funktioner så som energibolag, kommuner, försvaret och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Fast radio omfattar 57 398 MHz eller 74 % av det undersökta frekvensområdet. Fast radiolänk används främst som del av det permanenta stamnätet men även för tillfälliga lösningar i väntan på eller vid avbrott på optisk fiber.

2.1 Fast radio spektrum

Av de allokerade frekvenserna för fast radio är den största delen 48,5 % (2x13 907 MHz) ej öppet för tilldelning, 36,7 % (2x10 543 MHz) avsatt för enskilda sändare, 12,2 % (7 000 MHz) undantaget från tillståndsplikt samt 2,6 % (2x749 MHz) består av blocktillstånd.

2.1.1 Enskilda tillstånd

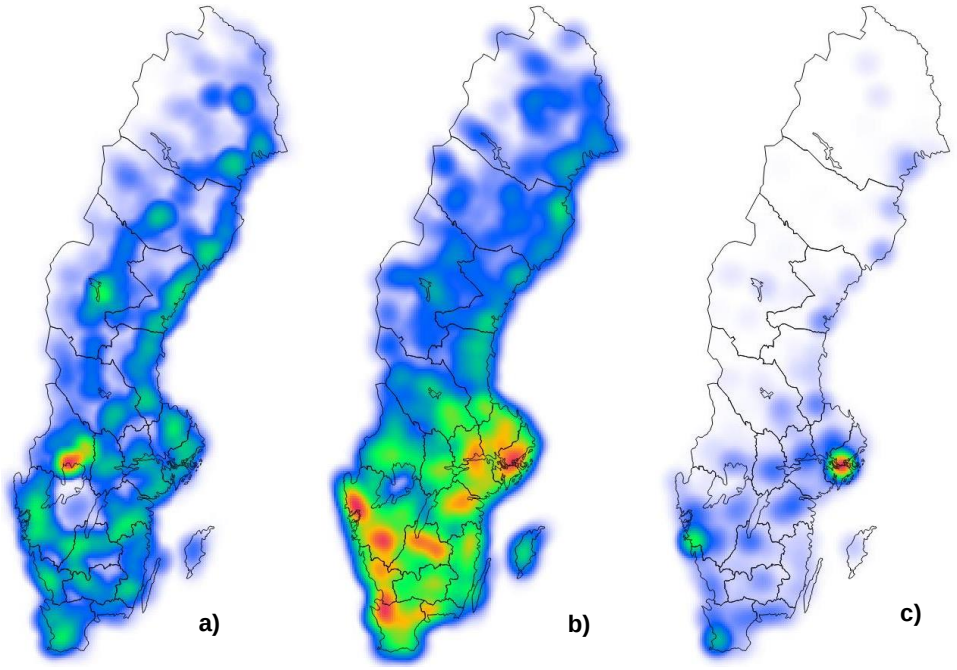
Antalet tillståndsgivna enskilda länkar per februari 2017 var 23 080 stycken. Tillsammans med sändarna i blocktillstånden i 10,5, 26 samt 28 GHz-bandet (>391, 363 och 3101 stycken, respektive) är det totala antalet länkar >26 935 stycken, exklusive Försvarsmaktens fasta radiosändare. Tabell 1) ger en sammanfattning över tilldelat spektrumutrymmet och antalet länkhopp för fast radio i Sverige.

Tabell 1) Frekvensband (där 6,2G och 6,7G även kallas låga- respektive höga-6), frekvenser och duplexkanal, total bandbredd för hela kanalen, antalet länkhopp. *) blocktillstånd.

Frekvensband	frekvenser (GHz)	duplexkanal	Bandbredd (MHz)	antal länkar
6,2G	5,9300 - 6,1680	6,1820 - 6,4200	238	439
6,7G	6,4400 - 6,7600	6,7800 - 7,1000	320	480
7G	7,4271 - 7,5680	7,5811 - 7,7220	141	498
8G	7,9000 - 8,1850	8,2100 - 8,4950	285	1 826
10,5G*	10,210 - 10,294	10,560 - 10,644	84	>391
13G	12,751 - 12,975	13,017 - 13,241	113	957
15G	14,501 - 14,781	14,921 - 15,201	280	3 526
18G	17,700 - 18,58	18,710 - 19,680	990	6 017
23G	22,000 - 22,600	23,000 - 23,600	600	730
26G*	24,549 - 24,710	25,557 - 25,718	161	363
26G	24,745 - 25,445	25,753 - 26,453	700	3 175

28G*	27,9405 - 28,4445	28,9485 - 29,4525	504	3 101
32G	31,815 - 32,571	32,627 - 33,383	756	2 034
38G	37,058 - 38,178	38,318 - 39,438	1120	3 393
70/80G	71,125 - 73,125	81,125 - 83,125	5000	5

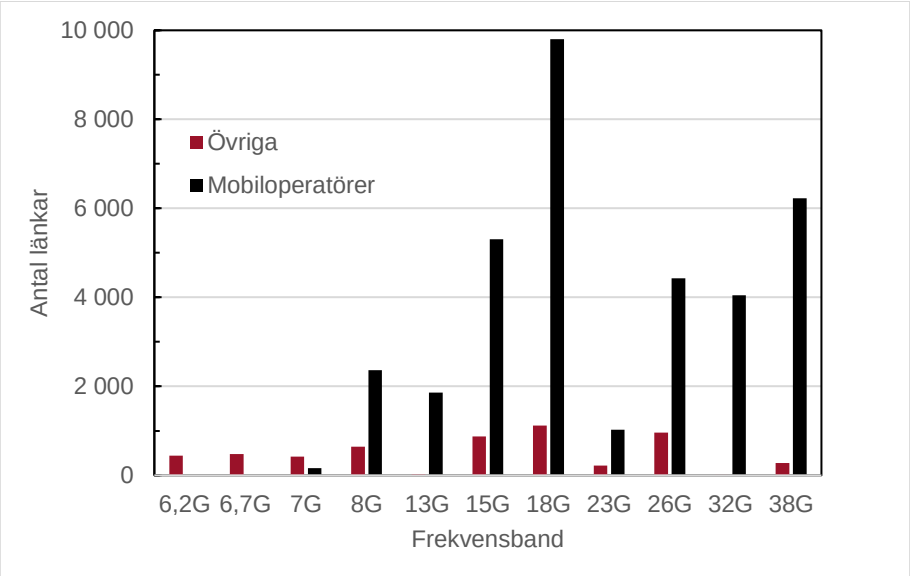
I figur 1), visar den relativa distributionen (inom respektive grupp) av enskilda sändare med tillstånd i Sverige. Ett länkhopp består av 2 stycken sändare (och mottagare), ett åt vardera håll. Där har vi delat in i låga band 6,2 – 8 GHz, mellanband på 13 – 18 GHz och höga band 23 – 70/80 GHz. Värt att notera är att alla frekvenser används över hela riket även om användningen ökar m.a.p. befolkningstäthet speciellt med stigande frekvens. Fasta radiolänkar används över hela landet där de låga banden används främst som stamnät (exempelvis Teracoms nät för radio och TV) för distribution i hela landet. Mellanbanden är även de spridda över riket men med tyngdpunkt på tätbefolkade områden medan de höga banden används mest i storstadsregionerna.



Figur 1) Värmekartor för beläggningen av enskilda sändare för **a)** låga band (6,2, 6,5, 7 och 8 GHz) **b)** frekvensband i mellanband (13, 15 och 18 GHz) och **c)** höga band (23, 26, 32, 38 och 70/80 GHz-banden).

Vi har även delat in användning i förhållande till vilken typ av operatör som använder länkarna. Där *mobiloperatörer* är Telia, Hi3G, Net4Mobility (Telenor

och Tele2) *övriga* är exempelvis elkraft, vatten- och avlopp, MSB samt Teracom. I figur 2) ser vi att *mobiloperatörer*na dominerar i mellanbanden och i de höga banden och att *övriga* (här enbart Teracom) är helt ensamma i de låga och höga 6 GHz-banden (i figurerna benämnt 6,2G och 6,7G).



Figur 2) Fördelning av antal länkar med enskilda tillstånd uppdelat i mobiloperatörer (svarta staplar) och övriga tillståndshavare (röda staplar). Mobiloperatörer är Hi3G, Net4Mobility (Telenor och Tele 2) samt Telia Company. Övriga är exempelvis Teracom, elbolag och MSB. 28 GHz och 70/80 GHz-banden är inte medtagna då de har 4 respektive 5 enskilda tillstånd.

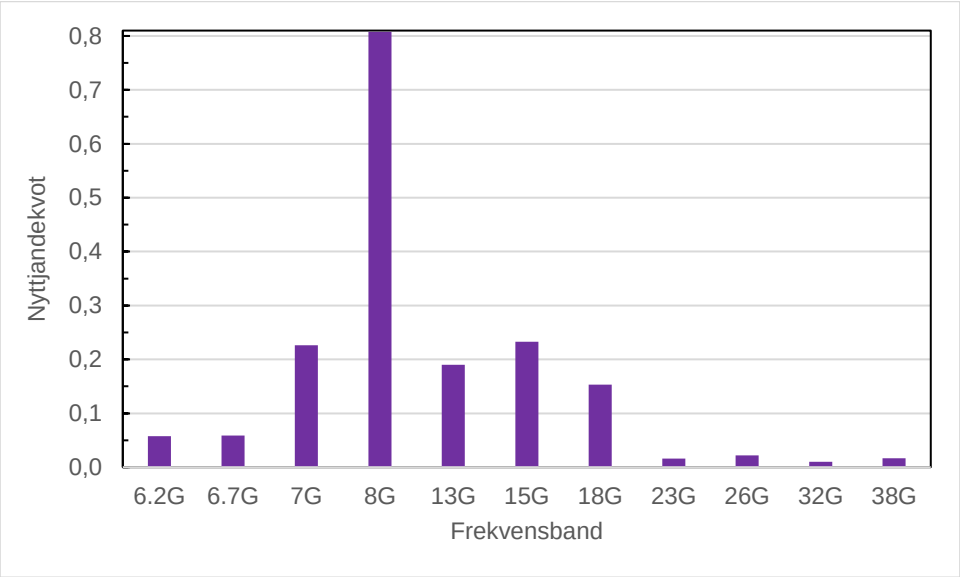
Försök har gjorts för att uppskatta hur effektivt ett band utnyttjas. Detta för att komma ifrån en subjektiv bild av vad exempelvis handläggare på PTS upplever när de tilldelar i olika band. Exempelvis upplevs det ibland frekvensbrist i 7 och 8 GHz-banden men i 38 GHz-bandet kan man i princip alltid tilldela. Vid en jämförelse med antalet länkar ser man att det finns nästan sju gånger så många länkar i 38 GHz jämfört med i 7 GHz-bandet, medan hopplängden för ett 38 GHz-hopp är en 15-del av medelhopplängden för 7 GHz-bandet (hopplängder ej redovisat i denna rapport). I ett försök att få ett mått på hur fullt/utnyttjat ett band är har PTS tagit fram en modell för hur effektivt ett band används kallat nyttjandekvot (N_k). Den baseras på hur mycket yta ett radiolänkhopp ockuperar, dvs. det frekvens- och geografiska området där vi inte kan tilldela ett hopp på en specifik frekvens, (s_k)

där s_k definieras som $$s_k = \frac{2\theta}{360}\pi l_k^2$$

l_k är koordineringsavståndet i km och θ är antennloobens storlek i grader. Multiplicera s_k med bandbredden (BW) i MHz på det specifika hoppet, summerat över alla hopp *i*, i det efterfrågade bandet och sedan dividerat med Sveriges area (A_{sve}) i km^2 multiplicerat med totala frekvensmängden för bandet (f_{tot}) i MHz,

då ges N_k enligt: $$N_k = \frac{\sum_i s_{k,i} * BW_i}{A_{sve} * f_{tot}}$$

Som ses i figur 3), är N_k högst för 8 GHz-bandet (0,81). Detta kan härledas till att frekvensbandet används för samma ändamål som 6 och 7 GHz banden med långa hopp samt stor andel hopp med hög bandbredd (upp till 56 MHz) följt av 7 och 15 GHz med ett N_k = 0,23 och därefter 13 och 18 GHz med N_k = 0,19 och 0,15. Det skulle indikera att man fortfarande kan öka nyttjandet av 13 – 18 GHz banden och bristen på frekvensutrymme främst är i tätort, jämför med figur 2). Vi ser även att N_k för de högsta banden är låg (< 0,02), vilket förklaras av deras låga beläggning utanför storstadsregionerna.



Figur 3) Nyttjandekvot (N_k) per frekvensband. Blocktillstånden är ej med i sammanställningen samt 28 GHz och 70/80 GHz-banden då de har bara har 4 respektive 5 enskilda tillstånd

Vad som bör nämnas är att N_k är i detta fall är normerat för hela riket och ger här att 8 GHz-bandet är bäst utnyttjat sett till hela Sveriges yta. Om man istället använde exempelvis Västra Götalands län som norm (och bara tog hänsyn till användningen där) skulle resultatet bli annorlunda.

2.1.2 Blocktillstånd 10,5 GHz

I 10,5 GHz-bandet har PTS tilldelat ett nationellt block om 2x56 MHz med Hi3G som tillståndshavare (10 210–10 266/10 560–10 616 MHz). Merparten av länkarna har 28 MHz kanalbandbredd och användningen är främst i mellersta och södra Sverige. Blocket används primärt som del av det permanenta nätet och förväntas öka med ca 50 länkar per år de närmsta 5 åren.

Ett regionalt blocktillstånd om 2x70 MHz (10 224-10 294 / 10 574- 10 644 MHz) innehas av Gotlands Energi AB (innefattande Gotlands kommun). Dessutom ytterligare tre regionala block om 2x28 MHz (10 266 – 10 294/10 616 – 10 644 MHz) vilka innehas av Halmstads kommun (som innefattar Falkenberg, Varberg, Halmstad, Laholm och Hylte kommun), Kungsbacka kommun och Vixor (som har resterande kommuner i landet i 10,5 GHz-bandet). Kommunerna som innehar blocktillstånd har idag 21 st länkar och planerar ingen utbyggnad. Ingen uppgift har erhållits från Vixor.

2.1.3 Blocktillstånd 26 GHz

I frekvensområdet har Telia ett blocktillstånd om 2x161 MHz (24 549 – 24710/25 557 – 25 718 MHz). Användningen är främst som en del av operatörens permanenta nät och förnärvarande sker ingen utbyggnad av nätet med i undantagsfall enstaka länkhopp.

2.1.4 Blocktillstånd 28 GHz

I 28 GHz-bandet finns 3 stycken blocktillståndsinnehavare; Net4Mobility med 2x224 MHz (27940,5-28136,5/28948,5-29172,5 MHz), Hi3G med 2x112 MHz (28164,5-28276,5/29172,5-29284,5 MHz) och Telia med 2x168 MHz (28276,5-28444,5/29284,5-29452,5 MHz).

Användningen är främst som en del av operatörernas permanenta nät men det används även för tillfälliga lösningar under kortare tid. För tillfället har blocktillståndsinnehavarna 3101 st. länkar där mer än hälften av hoppen är längre än 3 km och de planerar att bygga ut med upp till 300 hopp/år (alternativt utöka bandbredden på befintliga hopp) de kommande 5 åren.

2.1.5 Undantaget från tillståndsplikt, 58 och 60 GHz-bandet

Då inget tillstånd krävs för att använda 58 (57 000 – 59 000 MHz) och 60 GHz-bandet (59 000 – 64 000 MHz) har PTS ingen uppgift om antalet användare i dessa band.

2.1.6 Frekvensband ej öppet för tillståndsgivning

För närvarande är följande allokerade band för fast radio ej öppna för tilldelning.

- 49 GHz-bandet (48 516 – 49 300/49 400 – 50 184 MHz)
- 50 GHz-bandet (50 420 – 50 820/50 920 – 51 320 MHz)
- 52 GHz-bandet (51 440 – 51 944/52 056 – 52 560 MHz)
- 56 GHz-bandet (55 842 – 56 962 MHz)

Om en operatör vill använda kanaler/frekvenser i band som ej är öppna för tillståndsgivning kan PTS beroende av framtida plan för frekvensbandet, om möjligt, tilldela ett tidsbegränsat tillfälligt tillstånd i dessa band.

3 Försvarets användning

Enligt 3 kap. 3 § Lagen (2003:389) om elektronisk kommunikation (LEK) tilldelar PTS inte tillstånd till Försvarsmakten utan beslutar i samråd med myndigheten om det frekvensutrymme som Försvarsmakten får disponera, samt till viss del vad det får användas för.

Försvarsmaktens frekvensanvändning omfattar ett flertal av de radiotjänster som finns upptagna i det internationella radioreglementet (ITU-RR) och inrymmer frekvensband som används exklusivt för militära ändamål, militära frekvensband som delas med civil användning samt militär användning i frekvensband som utpekats som civila. Generellt används försvarets frekvenser över hela landet men i praktiken används delar av frekvenserna under övningar under vissa tider och på vissa platser, exempelvis militära flygplatser och grupperingsplatser.

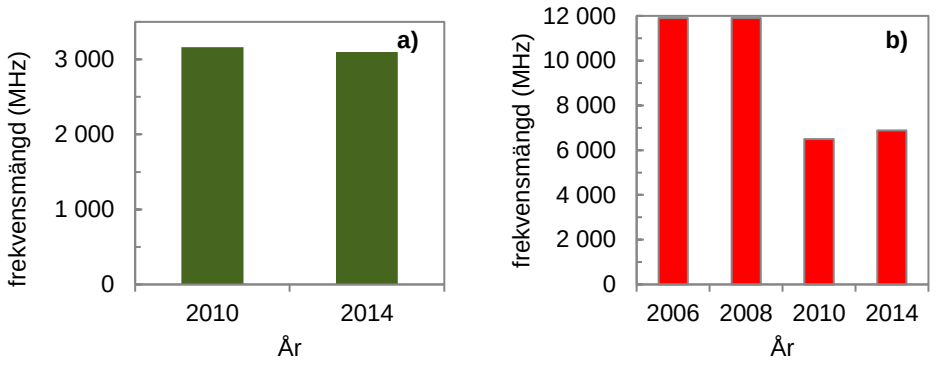
3.1 Försvarets spektrum

Försvarsmaktens spektrumanvändning dokumenteras i Försvarsmaktens frekvensupplåtelseplan (i dagligt tal ”försvarsbeslutet”). Beslutet uppdateras vid behov och det har historiskt skett med två till tre års intervall där den senaste revideringen är från 2014. Frekvensanvändningen är indelad i sådant spektrum som är primärt militärt resp. primärt civilt. Olika förhållningssätt råder för hur PTS utfärdar tillstånd i sådant spektrum som är primärt militärt resp. primärt civilt. Civil användning av frekvenser som är utpekade för primär militär användning är möjlig, men ställer högre krav på samråd med Försvarsmakten.

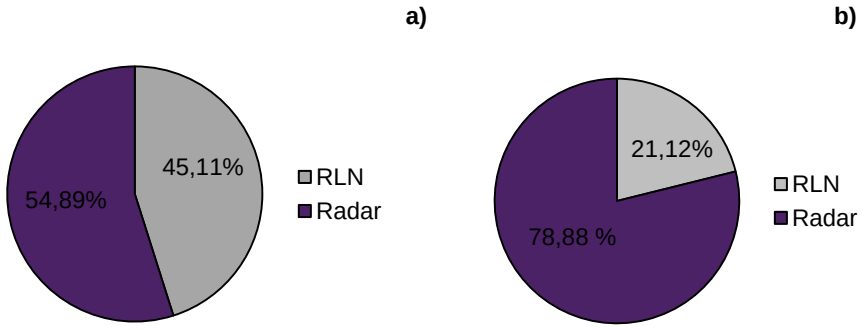
3.1.1 Nuvarande användning

Försvaret förfogar över knappt 7 GHz i frekvensband över 6 GHz. Av dessa är drygt 3 GHz utpekade för primär militär användning. Resterande 4 GHz är utpekade för primärt civil användning dvs. att Försvarsmakten delar spektrum med civila användare. I figur 4) visas hur Försvarsmaktens spektrumtilldelning i band över 6 GHz har förändrats sedan 2006.

Försvarsmaktens frekvensanvändning fördelar sig på många olika tillämpningar. För frekvenser över 6 GHz domineras frekvensanvändningen av behoven för olika radartillämpningar (för både radionavigering och för radiolokalisering) samt för försvarets radiolänknät (RLN). Som framgår av figur 5) används Försvarsmaktens frekvenser främst till radartillämpningar men även i stor omfattning för RLN.



Figur 4) Den militära tilldelningen av spektrum över 6 GHz i **a)** primärt militära band (grön) samt **b)** försvarets totala användning (röd), både primärt militärt och primärt civil användning sammanlagt, av spektrum.



Figur 5) Försvarets fördelning av användning av spektrum över 6 GHz där ljusgrå är försvarets telenät och lila är radar för **a)** primärt militära band och **b)** primärt militärt och primärt civila band sammanlagt.

3.1.2 Framtida användning

Försvarets användning är under 35 GHz och man ser för närvarande inget behov av frekvenser i högre band även om det kan förändras med tanke på bland annat 5G-utvecklingen. Det pågår en kontinuerlig NATO-harmonisering, enligt Nato Joint Frequency Agreement (NJFA), som för närvarande är på ca 85 %. Harmoniseringen drivs av ett utökat samarbete inom den Europeiska unionen (EU) och Organization for Security an Cooperation in Europe (OSCE,) våra nordiska och baltiska grannländer samt genom vårt partnerskap med NATO. Även nyanskaffning av materiel påverkar harmoniseringen då man mer och mer går mot att köpa färdigutvecklad utrustning än att ta fram materiel på egen hand.

4 Satellitanvändning

Satellit kan användas för flera olika ändamål, speciellt för att täcka stora områden med radiokommunikation. Här återfinns exempelvis tv, bredbandsuppkoppling (riktat till glesbygd), forskning och telefoni. Satellituppkoppling är dessutom bra för robusthet för tillfälliga förbindelser eller vid behov av extra kapacitet när terrestra system inte finns eller räcker till och används vid större tillfälliga evenemang såsom OS, VM, melodifestival, reportage (SNG), naturkatastrofer och andra krissituationer.

4.1 Satellitspektrum

Användning riktad mot satellit har 23 597 MHz, dvs. 30,6 % av det undersökta spektrumutrymmet, till sitt förfogande. Stor del av användningen sker i delat frekvensutrymme tillsammans med exempelvis fast radio eller militär användning. Att få en klar bild över nyttjandet är också det svårt då tillstånd endast krävs för att sända (upplänk) och inte för att ta emot en signal (nedlänk). Nedlänksanvändning är inte tillståndspliktig och sändning från satellit i nedlänksband sker efter internationell koordinering, vilket samordnas på global nivå inom ITU. En betydande del av användningen av satellitfrekvenser sker även i band undantagna från tillståndsplikt.

Tabell 2) Frekvensområden allokerade för satellitanvändning för fixed-satellite service (FSS), broadcasting satellite service (BSS) och mobile satellite service (MSS) för både jordstationer, kommunikationssatelliter och frekvenser avsedda för forskning via satellit. Användning helt eller delvis delad med +) fast radio eller ¤) Försvarsmakten *) användningen undantagen från tillståndsplikt

Frekvensomfång (GHz)			bandbredd (MHz)	användning
5,875	-	6,725	850	FSS upplänk, jordstation +
6,425	-	7,025	600	Användning över hav, jordutforskning via satellit +
6,725	-	7,075	350	FSS upplänk, jordstation +
7,075	-	7,250	175	Användning över hav, jordutforskning via satellit +
7,250	-	7,750	500	FSS nedlänk, satellit + ¤
7,9	-	8,4	500	FSS upplänk, jordstation +
8,025	-	8,40	375	jordutforskning via satellit +
8,4	-	8,50	100	rymdforskning +
10,6	-	10,68	80	jordutforskning via satellit +
10,7	-	11,70	1 000	FSS nedlänk, satellit
11,7	-	12,50	800	BSS nedlänk, rundradio via satellit
12,5	-	12,75	250	FSS nedlänk, satellit

12,75	-	13,25	500	FSS upplänk, jordstation + ¤
13,75	-	14,0	250	FSS upplänk, jordstation + ¤
14,0	-	14,5	500	FSS och MSS upplänk, jordstation *
15,35	-	15,4	50	jordutforskning via satellit
17,3	-	18,1	800	FSS upplänk, matarlänk satellit + ¤
18,1	-	18,4	300	FSS, jordstationer +
18,4	-	21,2	2 800	FSS nedlänk, satellit + ¤
18,6	-	18,8	200	jordutforskning via satellit + ¤
20,1	-	21,2	1 100	FSS och MSS nedlänk, satellit
21,2	-	21,4	200	jordutforskning via satellit
21,4	-	22	600	BSS nedlänk, rundradio via satellit
23,6	-	24,0	400	jordutforskning via satellit och rymdforskning
27,5	-	27,9405	441	FSS upplänk, jordstation
28,4445	-	28,9485	504	FSS upplänk, jordstation
29,4525	-	29,5	47	FSS upplänk, jordstation
29,5	-	30	500	FSS och MSS upplänk, jordstation *
31,3	-	31,8	500	jordutforskning via satellit
37,5	-	42,5	5 000	nedlänk satellit +
42,5	-	43,5	1 000	upplänk, jordstationer
50,2	-	50,4	200	jordutforskning via satellit och rymdforskning
52,6	-	57	4 400	jordutforskning via satellit

4.1.1 Tillståndsgiven användning

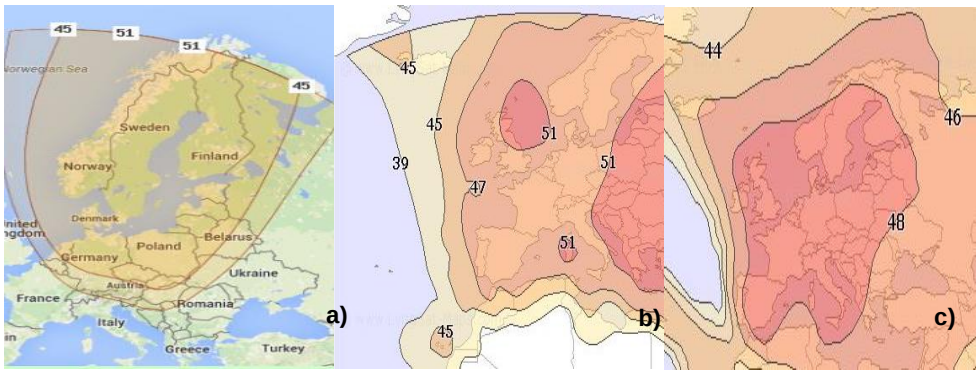
Den tillståndspliktiga användningen är väldigt sparsam i jämförelse med annan användning och omfattar totalt 33 tillstånd i det undersökta frekvensområdet där Försvarets materielverk (FMV) har 15 st., Teracom, Telenor och SES Astra har 4 st., Svenska Rymdaktiebolaget (Esrange) 3 st., och 3 st. på övriga tillståndshavare.

Tabell 3) Antalet registrerade frekvenser för sändning respektive mottagning i olika frekvensområden för fixed-satellite service (FSS), broadcasting satellite service (BSS) och mobile satellite service (MSS) för både jordstationer och kommunikationssatelliter.

Frekvensomfång (GHz)	bandbredd (MHz)	användning	sändning	mottagning
5,93 - 6,725	795	FSS upplänk	16	
8,025 - 8,4	375	FSS upplänk	2	19
10,95 - 11,45	500	FSS nedlänk, kommunikationssatelliter		11
11,7 - 12,5	800	BSS nedlänk, kommunikationssatelliter		10
12,75 - 13,25	500	FSS upplänk, kommunikationssatelliter	19	
13,75 - 14	250	FSS upplänk, jordstation	1	
14 - 14,5	500	MSS/FSS upplänk, jordstation	6	
17,3 - 18,1	800	FSS upplänk, jordstation / FSS nedlänk satellit	10	

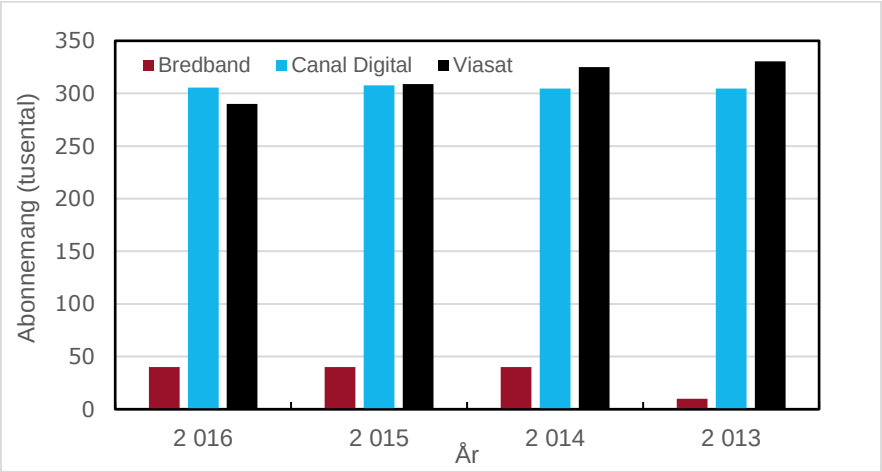
4.1.2 Sändning av TV och bredband

De satelliter som har Sverige och Norden som sitt primära mål är Astra 4A, 5°E (med framför allt Viasat och SVT i sitt utbud), Thor 5 och Thor 6, 1°W (Telenor), Astra 19°E (SES-Astra), Hotbird 13°E (Eutelsat), Eutelsat 7, 7°E. Dessa har täckningsområden som benämns Nordic BSS, Europe BSS och Europe A, se figur 6a) - c). Att Sverige ligger inom ett visst täckningsområde definieras av att den önskade mottagna effekten överstiger 47 dBW EIRP vilket ger en önskad parabolstorlek (< 55 cm) för privat bruk. De frekvenser som används av svenska operatörer för tv och bredband är (10950 – 11450/12750 – 13250) MHz, (11700 – 12500/17300 – 18100) MHz (nedlänk/upplänk.) samt upplänk (14000 – 14500) MHz,



Figur 6) Täckningskartor för **a)** Nordic BSS, **b)** Europe BSS och **c)** Europe A där alla är i Ku-bandet. Angivna värden i bild är EIRP (dBW) från www.lyngsat-Maps.com

PTS får 2 gånger per år in rapporter om antalet användare från leverantörer av tv och bredband via parabol. Flertalet av de registrerade användarna är för tv via parabol, 595 600 st. och marknaden domineras helt av två aktörer, Viasat och Canal Digital. Ytterligare 40 000 användare finns för bredband via satellit genom Parabolbredband och RB Communication AB, se figur 7).



Figur 7) Antal, till PTS, inrapporterade abonnemang för bredband via satellit (vinröd), satellit-tvfrån Canal Digital (ljusblå) och Viasat (svart). Totala antalet abonnemang för TV och bredband via satellit år 2016 var 635 600.

5 Övrig användning

Även om användningen över 6 GHz helt domineras av fast radio, Försvarsmakten och satellit så finns plats allokerad för annan användning med flera områden undantagna från tillståndsplikt samt tomma band och band där all radiosändning är förbjuden.

5.1 Användning undantagen från tillståndsplikt

De flesta användarna av spektrum återfinns med största sannolikhet i band undantagna från tillståndsplikt och enligt interna uppskattningar är *föreskrifter om undantag från tillståndsplikt för användning av vissa radiosändare* (PTSFS 2014:5) PTS mest lästa dokument av externa intressenter. Totalt finns det 28 600 MHz tillgängligt för användning av radiosändare undantagna från tillståndsplikt. Då användare inte behöver tillstånd eller anmäla sig, finns det ingen tillförlitlig statistik över användningen av banden. Flera av frekvenserna delar användning med exempelvis försvaret eller tillståndspliktig användning. Dock kan sägas att olika former av radar dominerar de undantagna banden över 6 GHz. Här återfinns även frekvenser för annan kommunikation mellan fordon och/eller andra maskiner. Denna användning går under namn som telematik, SRD (short-range-devices), M2M (maskin-till-maskin) och IoT (internet-of-things/sakernas internet). Viss amatörradio och satellitkommunikation är heller ej tillståndspliktig samt att 9 GHz (57,0 – 66,0 GHz) finns tillgängliga för radiolänkförbindelser utan tillstånd.

Tabell 4) Undantagna frekvenser från tillståndsplikt och dess användning. För specifikationer angående de undantagna banden se undantagsförskrift PTSFS 2014:5. UWB står för ultra-wide-band och telematrikutrustning är utrustning för datakommunikation mellan maskin till maskin som exempelvis hjälpmedel för styrning, övervakning och underhåll.

Frekvenser (GHz)			användning av radiosändare för
6,00	-	8,50	UWB i järnvägs- och motorfordon
6,00	-	8,50	nivåmätning
8,50	-	10,60	nivåmätning slutna kärl/utrymmen
9,225	-	9,500	navigeringsradar för fartyg
10,00	-	10,28	radiobestämning (radar)
10,00	-	10,50	amatörradio
10,35	-	10,38	radiobestämning (radar)
10,51	-	10,58	radiobestämning (radar)
13,40	-	14,00	radiobestämning (radar)
14,00	-	14,50	satellitterminaler på land(/fartyg och luftfartyg)
17,10	-	17,30	radiobestämning (radar)
24,00	-	24,25	ospecificerad / amatörradiotrafik

24,05	-	24,075	transport- & trafiktelematikutrustning
24,05	-	26,50	nivåmätning
24,05	-	27,00	nivåmätning slutna kärl/utrymmen
24,075	-	26,65	transport- & trafiktelematikutrustning
29,50	-	30,00	satellitkokmmunikation
47,00	-	47,20	amatörradio
57,00	-	64,00	ospecificerad tillämpning/nivåmätning
57,00	-	66,00	fasta radiosändare / dataöverföring
61,00	-	61,50	ospecificierat område
63,00	-	64,00	kommunikation infrastruktur(/fordon)-till-fordon
75,00	-	85,00	nivåmätning
75,50	-	81,00	amatörradio
76,00	-	77,00	markbaserade fordons- och infrastruktursystem
77,00	-	81,00	fordonsmonterade radiosändare för radarfunktion

5.2 Frekvensband utan användning

Totalt finns det 15 636 MHz som inte har någon användning, vilket är 20,3 % av det inventerade frekvensutrymmet. Som framgår av tabell 5) nedan är 465 MHz av dessa skyddsband, i 1 992 MHz finns det mottagning av utländska satelliter och 13 179 MHz (17,1 %) är helt tomma.

Tabell 5) Tabell över band där det inte är någon användning, i vissa fall inte ens allokerade, och dess bandbredd i MHz. Listade är även band för mottagning av utländska satelliter (nedlänk), tomma skyddsband för fast radio (FR) och för kortdistansradar (SRR – short range radio).

Frekvenser (MHz)		Tomt	Tomt, mottagning utländska satelliter	Tomt, Skyddsband	Bredd (MHz)
6168	6182			(FR)	14
24717	24745			(SRR)	28
25725	25753			(SRR)	28
26453	26500			(SRR)	47
26650	27500	x			850
27500	27828,5		x		328,5
27828,5	27940,5		x		112
28444,5	28948,5		x		504
29452,5	29500		x		47,5
30000	31000		x		1000
31000	31129	x			129
31800	31815			(FR)	15
32571	32627			(FR)	56
33383	33400			(FR)	17
33400	34000	x			600
37000	37058			(FR)	58
38178	38318			(FR)	140
39438	39500			(FR)	62
39500	42500	x			3000
43500	47000	x			3500
47200	48510	x			1310
48510	48940	x			430
49040	50200	x			1160
50400	51400	x			1000
51400	52600	x			1200
	Totalt =	13179	1992	465	15636

5.3 Frekvensband där radiosändning är förbjuden

Enligt ITU:s radioreglemente (ITU-RR), så är radiosändning förbjuden (med vissa undantag) i frekvenser listade i tabell 6). Totalt är 2 520 MHz (exkl. 100 MHz för luftburna stationer) förbjudet att bedriva radiosändning i.

Tabell 6) Frekvenser där all radiosändning är förbjuden, ITU-R 5.340 med vissa undantag [1] ITU-R 5.483 [2] ITU-R 5.511

Frekvenser (GHz)	Undantaget
10,68 - 10,70	[1] jordutforskning via satellit, rymdforskning och radioastronomi
15,35 - 15,40	[2] jordutforskning via satellit, rymdforskning och radioastronomi
23,60 - 24,00	
31,30 - 31,50	
48,94 - 49,04	endast luftburna stationer
50,20 - 50,40	
52,60 - 54,25	

5.4 Onsala rymdobservatorium

PTS har åtagit sig att skydda forskningen vid Onsala observatorium utanför Göteborg med ett frekvensomfång av 9 119,2 MHz i det undersökta frekvensområdet, listade i tabell 7). I de angivna frekvenserna har PTS ansatt ett skyddsavstånd på 100 km från observatoriet där vi vid tilldelning måste se till att Onsala inte störs.

Tabell 7) Frekvenser som PTS skyddar mot störning vid Onsala rymdobservatorium. +) frekvensområdet innehåller undantag från tillståndsplikt *) 76–77 GHz reserverat för fordonsradar

Frekvensomfång (GHz)	bandbredd (MHz)	antal sändare
6,65 - 6,6752	25,2	122
10,6 - 10,7	100	del av blocktillstånd
15,35 - 15,4	50	-
22,01 - 22,5	49	1416
22,81 - 22,86	50	-
23,07 - 23,12	50	150
23,6 - 24,0	400	-
36,43 - 36,5	70	-
42,5 - 43,5	1000	-
50,2 - 50,4	200	-
76 - 83,125	7125	9+*

5.5 Mobil videolänk

Mobil videolänk har 282 MHz allokerat för användning över 6 GHz. Dock sker nästan all användning i band under 6 GHz och för närvarande finns inga tillstånd, ej heller korta tidsbegränsade, för mobil videolänk över 6 GHz.

Tabell 8) Frekvenser för videolänk. Samtliga frekvenser är mittluckor mellan duplex-kanalerna för fast radio.

Frekvensomfång (GHz)			bandbredd (MHz)
7,736	-	7,904	168
8,185	-	8,215	30
10,476	-	10,56	84