

IPv6 i Sverige – inte längre tillräckligt med enbart främjandeåtgärder

Redovisning av uppdrag enligt regleringsbrev för 2021

IPv6 i Sverige – inte längre tillräckligt med enbart främjandeåtgärder -
Redovisning av uppdrag enligt regleringsbrev för 2021

Rapportnummer

PTS-ER-2022:26

Diarienummer

22-9339

ISSN

1650-9862

Författare

PTS arbetsgrupp

Post- och telestyrelsen

Box 6101

102 32 Stockholm

08-678 55 00

pts@pts.se

www.pts.se

Förord

Tillgång till IP-adresser är centralt för tillhandahållandet av elektroniska kommunikationsnät och kommunikationstjänster samt för ovanpåliggande innehållstjänster och andra digitala tjänster. IP-adressering är en grundläggande förutsättning för enskilda slutanvändares möjlighet att nå andra människor och tjänster på internet. Den berör också konkurrens- och säkerhetsaspekter liksom möjligheterna till en fortsatt hållbar tillväxt och innovation av elektroniska kommunikationer och tjänster, och den bidrar till en fortsatt digitalisering i samhället. IPv6-adressering är den framtidssäkra vägen eftersom IPv4-adresserna i princip är slut globalt sett.

Post- och telestyrelsen (PTS) har fått ett uppdrag från regeringen att, med utgångspunkt i de förslag som PTS lämnade i rapporten *Koppla upp till internet med framtidssäkra IPv6-adresser*, inrätta ett forum för samtliga berörda aktörer i värdekedjan runt IPv6. I redovisningen ska PTS även redogöra för vilka kvarvarande hinder som finns för införandet av IPv6.

Härmed lämnas redovisning av uppdraget.

Dan Sjöblom
Generaldirektör

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	6
Summary	9
1. Inledning	12
1.1 Uppdraget från regeringen.....	12
1.2 Disposition av rapporten.....	12
1.3 Vissa uttryck och förkortningar i rapporten.....	13
2. Främjandeåtgärder - inte längre tillräckligt	14
3. Internationella organisationer – kort utblick om aktuella IPv6-aktiviteter	17
3.1 Vad har Berec och EU gjort?.....	17
3.2 Vad pågår inom några andra internationella organisationer?.....	17
4. Vikten av att IPv6 införs brett – och nackdelar om så inte sker	22
4.1 Sammanfattande fördelar med införande av IPv6 och nackdelar om så inte sker	24
4.2 Ytterligare aspekter på införandet av IPv6.....	26
4.2.1 <i>Brottsutredande myndigheters möjlighet att utreda brott försvåras med IPv4 och NAT</i>	26
4.2.2 <i>Robustare nät och tjänster med användning av IPv6</i>	27
5. Redovisning av inrättande av ett forum för samtliga berörda aktörer i värdekedjan runt IPv6	28
5.1 Beskrivning av värdekedjan för IPv6.....	28
5.2 Framtagning av syfte, mål och agenda för forumet.....	29
5.3 Reflektioner från det första mötet i IPv6-forum.....	31

6.	Redovisning av kvarvarande hinder för införandet av IPv6-adressering	35
6.1	De två främsta hindren.....	35
6.1.1	<i>Låg efterfrågan på IPv6 i den offentliga sektorn</i>	35
6.1.2	<i>Begränsat tillhandahållande av IPv6-kompatibla anslutningar i de allmänna elektroniska kommunikationsnäten</i>	36
6.2	Ytterligare hinder.....	37
6.2.1	<i>Stort antal IPv4-adresser i Sverige</i>	37
6.2.2	<i>Det saknas incitament för att leverera IPv6</i>	37
6.2.3	<i>Efterfrågan från marknaden inom sektorn elektronisk kommunikation saknas</i>	37
6.2.4	<i>IT-utrustning stödjer inte alltid IPv6</i>	38
6.2.5	<i>Kunskap om nyttor med och behov av IPv6 saknas oftast på ledningsnivå i Sverige</i>	38
6.2.6	<i>Det råder i viss mån brist på nätverkstekniker</i>	38
6.2.7	<i>Enbart främjandeåtgärder från offentligt håll</i>	38
7.	Befintliga regelverk och IPv6	39
8.	Förslag på åtgärder för ett ökat införande av IPv6-adressering	42
8.1	De viktigaste åtgärderna för att undanröja de främsta hindren.....	42
8.2	Kompletterande åtgärder som kan vidtas.....	43
9.	Några statusuppdateringar om IPv6-införandet i Sverige sedan det förra uppdraget	44
9.1	Införandet av IPv6 hos statliga myndigheter, kommuner och regioner baserat på uppgifter från PTS webbtjänst.....	44
9.2	IPv6 i fasta elektroniska kommunikationsnät baserat på PTS årliga kartläggning.....	45
9.3	Sverige i jämförelse med ett urval av länder.....	46

Sammanfattning

Post- och telestyrelsen (PTS) bedömer att konsekvenserna av att inte införa IPv6-adressering kan bli påtagliga och rent av hindra den pågående digitaliseringen i samhället. Säkerheten i nät och tjänster kan påverkas i negativ riktning och konkurrenssituationen bland marknadsaktörerna i Sverige kan försämrats. Därför föreslår PTS att kraftfullare åtgärder bör vidtas för att möta upp de kvarvarande hinder som PTS har identifierat och för att säkerställa samhällets fortsatta digitalisering.

I en jämförelse över hur långt världens länder har kommit med IPv6 ligger Sverige relativt dåligt till enligt den sammanställning som framgår av avsnitt 9.3.

De två främsta hindren som PTS har identifierat och som bromsar införandet av IPv6 är följande.

- Låg efterfrågan på IPv6 i den offentliga sektorn
- Starkt begränsat tillhandahållande av IPv6-kompatibla anslutningar i de allmänna elektroniska kommunikationsnäten

För att undanröja dessa hinder föreslår PTS följande åtgärder.

- Regeringen ger alla statliga myndigheter i uppdrag att se till att deras relevanta IT-infrastruktur stödjer IPv6 (t.ex. webbplatser, e-posttjänst och DNS-tjänst för digitala tjänster, samt eventuellt ytterligare e-tjänster på myndighetens webbplatser)
- Regeringen bör överväga att ta initiativ till lagstiftning som innebär att kommuner och regioner har en skyldighet att se till att deras relevanta IT-infrastruktur stödjer IPv6 på samma sätt som rekommenderas ovan för statliga myndigheter
- Regeringen bör överväga att ta initiativ till lagstiftning som innebär att alla tillhandahållare av fasta och mobila elektroniska kommunikationstjänster, inklusive t.ex. stadsnät och kommunikationsoperatörer (KO), har en skyldighet att tillhandahålla IPv6 i sina elektroniska kommunikationsnät och tjänster

Utöver de två främsta hindren finns även följande övriga hinder som PTS också vill lyfta fram:

- Det finns ett stort antal IPv4-adresser i Sverige – dock ojämnt fördelat bland ett fåtal operatörer/tillhandahållare som varit verksamma under lång tid
- Det saknas incitament hos operatörer/tillhandahållare att leverera och erbjuda IPv6
- Efterfrågan från marknaden inom sektorn elektronisk kommunikation (dvs. inte bara inom offentlig sektor) saknas
- IT-utrustning stödjer inte alltid IPv6, främst bland kundplacerad nätutrustning/terminalutrustning vid fasta internetanslutningstjänster, men även för vissa nätelement i de allmänna elektroniska kommunikationsnäten
- Kunskap om nyttor med och behov av IPv6 saknas ofta på ledningsnivå vilket ofta medför att beslut och finansiering för att införa IPv6 inte prioriteras i organisationerna
- Det råder i viss mån brist på nätverkstekniker, och dessutom utbildas inte alltid nya nätverkstekniker med rätt eller aktuell IPv6-kompetens
- Det har endast bedrivits främjandeåtgärder från offentligt håll vid några tillfällen och någon större samlad aktivitet från marknadsaktörerna har inte förekommit

Som komplement till de föreslagna åtgärderna ovan bedömer PTS att det finns ytterligare aktiviteter som kan vara ändamålsenliga att genomföra, nämligen:

- Regeringen ger PTS ett långsiktigt uppdrag, eller utökad myndighetsinstruktion, samt finansiering att i löpande verksamhet verka för snabbare införande av IPv6 i Sverige
- Regeringen ger lämplig myndighet, exempelvis DIGG, uppdrag och finansiering att vidta stödjande åtgärder när den offentliga sektorn (statliga myndigheter, kommuner och regioner) i Sverige ska införa IPv6 i sin IT-infrastruktur
- Regeringen ger PTS ett långsiktigt uppdrag, eller utökad myndighetsinstruktion, samt finansiering för att driva IPv6-forum vidare
- Regeringen ger PTS i uppdrag att utreda potentiella effekter och förutsättningar för att ge internetanvändare rättighet att erhålla publik IP-adress utifrån nationell eller internationell reglering, då en sådan rättighet troligen skulle ha en indirekt påverkan på IPv6-efterfrågan
- Avslutningsvis rekommenderas att regeringen på ett konsekvent sätt bör inkludera krav på IPv6 i kommande initiativ som har koppling till samhällets digitalisering eller elektroniska kommunikationsnät och tjänster, exempelvis strategier, agendor, uppdrag eller handlingsplaner

När PTS har tagit fram åtgärdsförslagen har myndigheten översiktligt analyserat nu gällande lagstiftning (främst lagen (2022:482) om elektronisk kommunikation) och

EU-rättsakter (främst den s.k. TSM-förordningen¹) och kommit fram till att dessa regelverk inte torde vara tillräckliga för att tvinga operatörer/tillhandahållare att alltid inkludera IPv6-adressering för fasta och mobila internetanslutningstjänster.

PTS har sedan 2010 genomfört ett antal främjandeåtgärder på uppdrag av regeringen med inriktning på att öka IPv6-införandet i Sverige. Flera uppdrag har varit inriktade mot att främja införandet i den offentliga sektorn för de mest grundläggande externa digitala tjänsterna såsom webbplatser, e-posttjänst och DNS-tjänst.

Tyvärr kan konstateras att de olika uppdrag PTS genomfört under årens lopp för att *främja* införandet av IPv6 endast givit blygsamma resultat. PTS bedömer nu att om staten verkligen vill öka införandet av IPv6 är det inte längre är en framkomlig väg att *enbart* genomföra ytterligare främjandeåtgärder.

PTS har inrättat IPv6-forum. Det första mötet hölls i maj 2022 med ett förhållandevis stort deltagande och med presentationer från olika aktörer i värdekedjan. Forumet gav ett värdefullt underlag för PTS vidare arbete med att sortera ut de kvarvarande hindren. Samtidigt kunde det noteras att flera aktörer vill att det ska ”hända något” nu när IPv4-adresserna i princip är slut, men också att samverkan mellan olika aktörsgupperingar, i just IPv6-frågan, i princip är obefintlig i Sverige.

¹ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2015/2120 av den 25 november 2015 om åtgärder rörande en öppen internetanslutning och om ändring av direktiv 2002/22/EG om samhällsomfattande tjänster och användares rättigheter avseende elektroniska kommunikationsnät och kommunikationstjänster och förordning (EU) nr 531/2012 om roaming i allmänna mobilnät i unionen.

Summary

The Swedish Post and Telecom Authority (PTS) assesses that the consequences of not introducing IPv6 addressing could be substantial and in fact hinder society's ongoing digitalisation. The security of networks and services could be adversely impacted and the competitive situation among the market actors in Sweden could be impaired. PTS therefore proposes that stronger measures should be taken to address the remaining obstacles that PTS has identified and to ensure society's continued digitalisation.

In a comparison of how far countries worldwide have come with IPv6, Sweden holds a relatively poor position, according to the summary presented in Section 9.3.

The two main obstacles that PTS has identified, and which are slowing the deployment of IPv6 are:

- Low demand for IPv6 in the public sector
- Strictly limited provision of IPv6-compatible accesses in the public electronic communications networks

To remove these obstacles, PTS proposes the following measures:

- The Government mandates all government agencies at the national level to ensure that their relevant IT infrastructures support IPv6 (e.g. websites, email service and DNS service for digital services, and any other e-services on the authority's websites)
- The Government should consider initiating legislation requiring municipalities and regions to ensure that their relevant IT infrastructures support IPv6 in the same ways as recommended above for government agencies
- The Government should consider initiating legislation requiring all providers of fixed and mobile electronic communications services, including e.g. municipal networks (local fiber networks) and communications providers (i.e. undertakings specialised in operating municipal networks/local fiber networks on a wholesale level), to provide IPv6 in their electronic communications networks and services

In addition to the two main critical obstacles, there are also the following other obstacles that PTS would also like to highlight:

- There is a large number of IPv4 addresses in Sweden, although these are unevenly divided among just a few operators/providers that have been operating for a long period of time
- There is a lack of incentive for operators/providers to supply and offer IPv6
- Market demand is lacking within the electronic communications sector (i.e. not only within the public sector)
- IT equipment does not always support IPv6, primarily among customer-placed network equipment/terminal equipment for fixed internet access services, but also for certain network elements in the public electronic communications networks
- Knowledge concerning the benefits of and need for IPv6 is often lacking at the management level, which often means that decisions and funding for the deployment of IPv6 is not prioritised in organisations
- There is a certain shortage of network technicians, and new network technicians are not always trained with the correct or up-to-date IPv6 skills
- There have only been promotional initiatives from the public sector on a few occasions and there has been no major collective activity from the market actors at all

As a complement to the proposed measures above, PTS assesses that there are additional activities that may be appropriate to implement, namely:

- The Government mandates PTS a long-term assignment, or increased instructions, as well as the funding to work in routine operations for the faster deployment of IPv6 in Sweden
- The Government mandates a suitable government agency, DIGG for example, the assignment and funding to take supportive measures when the public sector (government agencies, municipalities and regions) in Sweden introduces IPv6 in their IT infrastructures
- The Government mandates PTS a long-term assignment, or increased instructions, as well as funding to drive the IPv6 Forum onward
- The Government mandates PTS with investigating potential effects and conditions for giving internet users the right to obtain a public IP address based on national or international regulations, as such a right would likely have an indirect effect on IPv6 demand
- Finally, it is recommended that the Government consistently include IPv6 requirements in future initiatives related to society's digitalisation or electronic communications networks and services, such as strategies, agendas, assignments, action plans, etc.

In drawing up the proposed measures, PTS has comprehensively analysed currently valid legislation (primarily the Electronic Communications Act (2022:482)) and EU legislative acts (primarily the TSM Regulation²), and concluded that these regulations are not likely to be enough to force operators/providers to always include IPv6 addressing for fixed and mobile internet access services.

Since 2010, PTS has been implementing a number of promotional initiatives on behalf of the Government targeted at increasing IPv6 deployment in Sweden. Several assignments have been directed at promoting introduction in the public sector for the most basic external digital services, such as websites, email services and DNS services.

Unfortunately, it can be concluded that the various assignments that PTS has carried out over the years to *promote* the deployment of IPv6 have only yielded modest results. PTS now assesses that if the state really does want to increase the introduction of IPv6, it is no longer a feasible path to *only* carry out additional promotional initiatives.

PTS has established the IPv6 Forum. The first meeting was held in May 2022 and had a relatively large attendance with presentations from various actors in the value chain. The forum yielded valuable supporting documentation for PTS continued work to sort out the remaining obstacles. Yet it can also be noted that several actors want ‘something to happen’ now that there are basically no IPv4 addresses left, and also that collaboration between different actor groups, specifically in relation to the IPv6 issue, is virtually non-existent in Sweden.

² Regulation (EU) 2015/2120 of the European Parliament and of the Council of 25 November 2015 laying down measures concerning open internet access and amending Directive 2002/22/EC on universal service and users’ rights relating to electronic communications networks and services and Regulation (EU) No 531/2012 on roaming on public mobile communications networks within the Union.

1. Inledning

1.1 Uppdraget från regeringen

PTS har i september 2021 genom ändring³ i regleringsbrevet för budgetåret 2021 fått ett nytt uppdrag kopplat till IPv6-adressering bestående av två delar. PTS ska:

1. med utgångspunkt i de förslag som myndigheten lämnar i rapporten *Koppla upp till internet med framtidssäkra IPv6-adresser* (PTS-ER-2021:11⁴), inrätta ett forum för samtliga berörda aktörer i värdekedjan runt IPv6,
2. i redovisningen av uppdraget redogöra för vilka kvarvarande hinder som finns för införandet av IPv6.

Uppdraget ska redovisas till Regeringskansliet (Infrastrukturdepartementet) senast den 1 september 2022.

1.2 Disposition av rapporten

Avsnitt 1 utgör en inledning till redovisningen.

I avsnitt 2 redogör PTS för myndighetens erfarenheter av främjandeåtgärder kopplat till IPv6.

I avsnitt 3 ges en kort utblick om nyligen genomförda aktiviteter kopplat till IPv6 hos några internationella organisationer.

I avsnitt 4 beskriver PTS varför myndigheten bedömer att det är viktigt att IPv6 införs brett i Sverige, och vilka nackdelar som uppstår om så inte sker.

I avsnitt 5 redovisar PTS resultat från inrättandet av ett IPv6-forum för hela värdekedjans berörda aktörer (deluppdrag 1).

I avsnitt 6 redovisar PTS kvarvarande hinder för IPv6-införandet i Sverige (deluppdrag 2).

I avsnitt 7 görs en kort analys av befintliga regelverks tillämpbarhet för IPv6-adressering.

I avsnitt 8 ger PTS förslag på åtgärder för ett ökat införande av IPv6 med utgångspunkt från de hinder som redovisats i avsnitt 6.

³ Regeringsbeslut 2021-09-09 (I2021/02331) *Ändring av regleringsbrev för budgetåret 2021 avseende Post- och telestyrelsen.*

⁴ https://pts.se/globalassets/startpage/dokument/ipv6/slutredovisning---regeringsuppdrag-om-ipv6---2021-02-18---pts-er-2021_11.pdf.

Slutligen i avsnitt 9 redovisas uppgifter om införandet av IPv6 i offentlig sektor samt i de fasta elektroniska kommunikationsnäten sedan det förra regeringsuppdraget, samt ges en viss internationell utblick för att sätta Sverige i relation till andra länders införande av IPv6.

1.3 Vissa uttryck och förkortningar i rapporten

I den sektor som PTS arbetar inom sker teknikutvecklingen snabbt, med uppkomst av nya begrepp och termer, som i vissa fall kanske kan komma att divergera i förhållande till vald terminologi i svensk lagstiftning och i EU-rättsakter. I denna rapport använder myndigheten ibland några uttryck som ofta används av marknadsaktörerna utan att de direkt finns i PTS tillämpbara regelverk. Nedan beskrivs kort vissa uttryck som används i rapporten.

Den som tillhandahåller eller avser att tillhandahålla ett allmänt elektroniskt kommunikationsnät eller en tillhörande facilitet är enligt 1 kap. 7 § lagen (2022:482) om elektronisk kommunikation – LEK – en *operatör*. Uttrycket *tillhandahållare* används i LEK och bakomliggande EU-direktiv⁵ för att beskriva företag som tillhandahåller elektroniska kommunikationstjänster utan att nödvändigtvis vara operatörer. I talspråk används ibland uttrycket operatör för båda dessa kategorier. En tillhandahållare som erbjuder elektroniska kommunikationstjänster i form av internetanslutningstjänster betecknas ofta som *tjänsteleverantör* (t.ex. i PTS kartläggningsrapport om IPv6 i fasta nät) eller *internetleverantör*. Det sistnämnda begreppet kommer från engelskans *Internet Service Provider*, som förkortas ISP. Förkortningen ISP används även i denna rapport tillsammans med några andra förkortningar som redovisas längre ned.

Begreppet *elektroniska kommunikationstjänster* är definierat i 1 kap. 7 § LEK. Eftersom IP-adressering används för alla slags tjänster nåbara via internet, t.ex. innehållstjänster, digitala tjänster och e-tjänster, förekommer dessa begrepp blandat i denna rapport. Begreppet *digitala tjänster* används t.ex. i lagen (2018:1174) om informationssäkerhet för samhällsviktiga och digitala tjänster (NIS-lagen), men används i bredare bemärkelse i denna rapport. *Innehållstjänster* omfattas normalt inte av de regelverk som PTS tillämpar.

Terminalutrustningar kan idag vara allt från en traditionell fast telefon till en smarttelefon. Terminaler kan vidare vara komponenter i ”saker” som kylskåp och fordon (”Internet of Things”, IoT). Terminalutrustning som innehåller radiosändare eller

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

radiomottagare omfattas av radioutrustningslagen (2016:392). Marknadskontroll enligt den lagen bedrivs av PTS.

Följande förkortningar används i rapporten:

Förkortning	Uttydning
4G	Fjärde generationens mobilsystem
5G	Femte generationens mobilsystem
6G	Sjätte generationens mobilsystem
AI	Artificiell Intelligens
Berec	Body of European Regulators for Electronic Communications
CDN	Content Delivery Network
CPE	Customer Premises Equipment
DNS	Domain Name System
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol
ISOC-SE	Internet Society Swedish Chapter
IoT	Internet of Things
ISP	Internet Service Provider
IT	Information Technology
IXP	Internet Exchange Point
KO	Kommunikationsoperatör
LEK	Lagen om elektronisk kommunikation
MNO	Mobile Network Operator
NAT	Network Address Translation
OS	Operativsystem
OTT	Over the Top
PP	Plenipotentiary Conference
RIPE NCC	Réseaux IP Européens, Network Coordination Center
RIR	Regional Internet Registry
SNUS	Swedish Network Users Society
SVT	Sveriges Television

2. Främjandeåtgärder - inte längre tillräckligt

PTS har sedan 2010 fått ett antal uppdrag från regeringen med inriktning att främja IPv6-införandet i Sverige. Flera uppdrag har varit inriktade på att främja införandet av IPv6 i den offentliga sektorns mest grundläggande externa digitala tjänster såsom webbplatser, e-post och DNS.

Tidigare uppdrag från regeringen har främst fokuserat på ett ökat införande av IPv6 hos statliga myndigheter. Bl.a. tog PTS fram en vägledning 2011⁶ och 2013

⁶ Att införa IPv6 - internetprotokoll version 6 - En praktisk vägledning, PTS-ER-2011:18.

genomförde PTS riktade informationsinsatser om och uppföljning av IPv6-införandet hos myndigheterna.⁷

PTS noterar att det finns olika vägval och tillvägagångsätt som länder gör när det gäller att öka införandegraden av IPv6. PTS har identifierat fem olika huvudspår:

1. Inga åtgärder vidtas
2. Marknadsaktörerna tar eget ansvar och driver på införandet av IPv6
3. Staten främjar införandet av IPv6 i offentlig sektor med målsättningen att tillhandahållare i sektorn elektronisk kommunikation inför och tillhandahåller IPv6 (hittills det svenska vägvalet)
4. Staten inför regleringskrav på att offentlig sektor inför och använder IPv6
5. Staten reglerar IPv6 i olika aspekter utanför offentlig sektor - t.ex. att tillhandahållare av elektroniska kommunikationsnät och tjänster (operatörer/ISP/MNO/KO) blir skyldiga att erbjuda IPv6 för internetanslutningstjänster

PTS har enbart översiktligt undersökt hur andra länder arbetar med frågan. Det kan noteras att exempelvis USA⁸ och Norge⁹ tillämpar alternativ 4. I Frankrike har man arbetat mot alternativ 5 när det gäller att ställa krav på IPv6 för vissa frekvensband i sin 5G-auktion¹⁰. Nedanstående tabell är hämtat från en sammanställning¹¹ över vissa länders arbete med IPv6.










⁷ Redovisning - Införande av IPv6 hos svenska myndigheter och PTS informationsinsatser om IPv6, PTS-ER 2013:17

⁸ <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/11/M-21-07.pdf>.

⁹ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-04-05-959>.

¹⁰ https://www.arcep.fr/uploads/tx_gsavis/19-1386.pdf.

¹¹ [Global IPv6 and IPv6+ Development—Measurement and Analysis on Social and Economic Impact | Roland Berger](#).

Front-runners		Adopters
India  <ul style="list-style-type: none"> > The Indian government released two important IPv6 policy documents. "National IPv6 Deployment Roadmap-I" in July 2010 and "National IPv6 Deployment Road-II" in March 2013. The India IPv6 Task Force regularly updates IPv6 transition timeline with two revisions published in 2016 and 2020. 	United States  <ul style="list-style-type: none"> > The Memorandum M-05-22 in 2005 initiated the Federal process of IPv6 transition. In December 2009, the FAR issued a rule that government purchases must be IPv6 compatible. Since 2009, a series of strategy and policy was introduced. In November 2020 memorandum M-21-07 was published to instruct federal agencies to achieve IPv6-only status. 	China  <ul style="list-style-type: none"> > Office of the State Council released national strategy in 2017 <Promoting the large-scale deployment action plan of Internet Protocol Version 6 (IPv6). Multiple action plans was released afterward including <Notice on accelerating the deployment and application of the sixth edition (IPv6) of the Internet Protocol> published in July 2021.
Germany  <ul style="list-style-type: none"> > German IPv6 council established in 2007. National IPv6 action plan introduced in 2009. IPv6 Transition Guide for the Public Administration was introduced in 2013 to facilitate public procurement of IPv6-ready production. In addition, a series of guidelines has been published during 2010-2013 that promote IPv6 at both federal and state level. 	Thailand  <ul style="list-style-type: none"> > In June 2013, the Thai cabinet approved the IPv6 Action Plan 2013-2015. An IPv6 coordination and operation center was then established. In December 2015, the Action Plan for the mobilization, promotion, acceleration, and follow up of IPv6 in Thailand: Phase 2 (2016-2018) was approved and MICT was appointed to oversee its implementation. 	United Arab Emirates  <ul style="list-style-type: none"> > The Telecommunications Regulatory Authority's (TRA) has signed a MoU with Ripe NCC in 2017 for the development of the IPv6. The UAE M-Government has developed future strategies for the implementation of IPv6, including standards of security, expansion and meeting the growing demand for communication in the era of big data and IoT.
Malaysia  <ul style="list-style-type: none"> > National IPv6 council established in 2004. National IPv6 Strategic Roadmap and R&D Roadmap released in 2008. The government announced IPv6 implementation schedule in 2011 aiming for Native IPv6 mode by 2015. The "IPv6 adoption act" in 2015 provided the necessary push for ISPs to move to IPv6. By 2019, successful adoption was achieved. 	France  <ul style="list-style-type: none"> > IPv6 task force established in 2002. Since 2016, Arcep has been producing IPv6 progress reports, IPv6 barometer result and suggesting multiple actions to accelerate the transition to IPv6. In 2020, Arcep decided to make the allocation of 5G frequencies conditional on the massive switch to IPv6, thus requiring 5G operators to be IPv6 compatible. 	Saudi Arabia  <ul style="list-style-type: none"> > The National IPv6 Task Force was formed by The Communications and Information Technology Commission (CITC) in 2008. In 2018, the task force brings in service providers as core participants with more regular meetings and IPv6 adoption progress reporting. Since 2019, regular KPI reporting has been adopted to track and maintain IPv6 deployment efforts.

Figur 1 - Sammanställning över några länders arbete med IPv6 - källa: emlyon business school/Roland Berger

Baserat på de olika moment som myndigheten genomfört inom ramen för detta samt tidigare uppdrag och utifrån de blygsamma resultaten av dessa, har PTS gjort en samlad bedömning att det inte längre är en framkomlig väg att *enbart* genomföra olika främjandeåtgärder för att öka IPv6-införandet i Sverige. Dessutom noterar PTS att marknadsaktörerna i stort i Sverige inte tar helt eget ansvar, och inte heller vidtar några större gemensamma åtgärder för IPv6-frågan, vilket utesluter alternativ 2 ovan om målet är ett ökat användande av IPv6.

Staten kan då överväga kraftfullare åtgärder enligt alternativ 4 eller 5 ovan. I annat fall kan staten välja att inte alls engagera sig i IPv6-frågan (alternativ 1 – som även inkluderar avsaknad av engagemang från marknadsaktörerna) och istället överlämna helt åt marknadsaktörerna att lösa införandet av IPv6 i Sverige enligt alternativ 2.

PTS ser dock att konsekvenserna av att inte införa IPv6 kan bli påtagliga och rent av hindra den pågående digitaliseringen, påverka säkerheten i nät och tjänster i negativ riktning och försämra konkurrenssituationen bland marknadsaktörerna i Sverige. Därför föreslås kraftfullare åtgärder i avsnitt 8 för att omhänderta de kvarvarande hinder som myndigheten har identifierat och redogör för i avsnitt 6.

PTS bedömer även att vissa andra åtgärder, vilka myndigheten också rekommenderar i avsnitt 8.2, kan komplettera de viktigaste åtgärderna.

3. Internationella organisationer – kort utblick om aktuella IPv6-aktiviteter

3.1 Vad har Berec och EU gjort?

Berec stödjer införande av IPv6 och ser betydelsen för internets utveckling och protokollets roll som en väsentlig förutsättning för ett digitalt Europa. För närvarande består Berec:s stöd av att följa utvecklingen och genomföra kunskapsspridning. Exempelvis genomfördes en workshop den 19 maj 2021 ”BEREC Public Technical Workshop on IPv6 Deployment across Europe”.¹²

Vidare nämns IPv6 i Berec:s arbetsprogram för 2022¹³, i samband med regleringen om ett öppet Internet: ”Att genomföra informella forum för att bevaka relevant marknadsutveckling såsom IPv6-införandetakt inom medlemsländerna i Berec”.

När det gäller EU noterade PTS i slutredovisningen¹⁴ av förra uppdraget om IPv6, i avsnitt 5.1.8., att Europaparlamentet och rådet publicerade en gemensam kommunikation¹⁵ 2020 om EU:s cybersäkerhetsstrategi för det digitala decenniet. Av den framgick sammanfattningsvis att införandet av IPv6 är ojämnt inom EU och att EU-kommissionen, i samverkan med medlemsstaterna, avsåg att driva på införandegraden av IPv6, samt inte utesluta lagstiftningsåtgärder såsom en europeisk tidsfristklausul för IPv4 om det behövs. Inom ramen för detta uppdrag har PTS inte funnit några uppgifter om hur detta arbete fortskrider.

3.2 Vad pågår inom några andra internationella organisationer?

ITU

International Telecommunication Union (ITU) är en internationell organisation inom FN-systemet som bildades 1865 och som Sverige varit medlem i sedan 1866. ITU är

¹² https://berec.europa.eu/eng/events/berec_events_2021/280-berec-public-technical-workshop-on-ipv6-deployment-across-europe.

¹³ https://berec.europa.eu/eng/document_register/subject_matter/berec/annual_work_programmes/10136-berec-work-programme-2022..

¹⁴ [Koppla upp till internet med framtidssäkra IPv6-adresser - PTS-ER-2021:11 | PTS](#).

¹⁵ GEMENSAMT MEDDELANDE TILL EUROPAPARLAMENTET OCH RÅDET EU:s strategi för cybersäkerhet för ett digitalt decennium. EU, JOIN(2020) 18 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020JC0018&qid=1533485886151&from=EN>, publicerad 16 december 2020.

uppdelat på tre olika sektorer: ITU-T för standardisering, ITU-R för förvaltning/harmonisering/koordinering av radiofrekvenser och satellitbanor, samt ITU-D för utvecklingsfrågor främst för utvecklingsländerna. Frågor kopplade till IPv6-adressering på teknisk nivå hanteras främst inom ITU-T, men all grundstandardisering av IP-protokollet och av IP-adresser ligger helt under IETF:s ansvar.

Inom ITU hålls ett antal högnivåmöten med viss regelbundenhet, varav fullmaktskonferensen (PP – Plenipotentiary Conference) normalt hålls vart fjärde år och nästa kommer att hållas den 26 september till 14 oktober 2022. På dessa fullmaktskonferenser hanteras bl.a. eventuella förändringar av ITU:s styrande dokument, Konstitutionen och Konventionen¹⁶. Vid tidigare konferenser har antagits bl.a. ett antal resolutioner varav en är direkt kopplad till ökat införande av IPv6-adressering. Resolution 180¹⁷, *Promoting deployment and adoption of IPv6 to facilitate the transition from IPv4 to IPv6*, anger ett antal lämpliga åtgärder som ITU:s medlemsländer kan genomföra för att öka graden av IPv6 och dessa återges nedan:

¹⁶ [Constitution and Convention Collection](#).

¹⁷ [Collection of the Basic Texts of the International Telecommunication Union adopted by the Plenipotentiary Conference \(edition 2019\) \(itu.int\)](#).

Res. 180

743

invites Member States

- 1 to continue to promote specific initiatives at the national level, which foster interaction with governmental, private and academic entities and civil society for the purposes of the information exchange necessary for the deployment and adoption of IPv6 in their respective countries;
- 2 to encourage, with support from the ITU regional offices, the RIRs and other regional organizations in coordinating research, dissemination and training actions with participation by governments, industry and the academic community in order to facilitate the deployment and adoption of IPv6 within the countries and in the region, and to coordinate initiatives between regions to promote its deployment worldwide;
- 3 to develop national policies to promote the technological update of systems in order to ensure that the public services provided utilizing the IP protocol and the communications infrastructure and relevant applications of the Member States are compatible with IPv6;
- 4 to encourage manufacturers to supply to the market fully-featured customer premises equipment that supports IPv6 in addition to IPv4;
- 5 to raise awareness among information service providers on the importance of making their services available over IPv6,

Utöver fullmaktskonferensen håller sektorerna egna högnivåmöten. När det gäller policyfrågor om IPv6 hanteras sådana främst inom WTSA¹⁸ under ITU-T (standardisering) och WTDC¹⁹ under ITU-D (utvecklingsfrågor). Här kan noteras WTSA:s resolution 64²⁰, *Internet Protocol address allocation and facilitating the transition to and deployment of Internet Protocol version 6*, som också anger ett antal

¹⁸ World Telecommunication Standardization Assembly.

¹⁹ World Telecommunication Development Conference.

²⁰ [Resolution 64 - \(Rev. Geneva, 2022\) - IP address allocation and facilitating the transition to and deployment of IPv6 \(itu.int\)](#).

åtgärder som ITU:s medlemsländer och ITU:s sektorsmedlemmar bör genomföra. Nedan återges dessa från resolution 64. Även från D-sektorns högnivåmöte WTDC finns en resolution, Resolution 63²¹, med liknande andemening för utvecklingsländerna.

invites Member States and Sector Members

- 1 through the knowledge gained under this resolution, to promote specific initiatives at the national level which foster interaction with governmental, private and academic entities and civil society for the purposes of the information exchange necessary for the deployment of IPv6 in their respective countries;
- 2 to ensure that newly deployed network equipment, computer equipment and software have IPv6 capability, and to collaborate with relevant international organizations in this regard;
- 3 to consider committing to an IPv6 transition and communicating progress;
- 4 to build relevant IPv6 deployment plans,

invites Member States

- 1 to develop national policies to promote the technological update of systems, in order to ensure that the public services provided utilizing the IP protocol and the communications infrastructure and relevant applications of the Member States are compatible with IPv6;
- 2 to consider the possibility of national programmes to encourage Internet service providers (ISPs) and other relevant organizations to deploy IPv6;
- 3 to encourage, with support from the ITU regional offices, the RIRs and other regional organizations in coordinating research, dissemination and training actions with participation by governments, industry and the academic community in order to facilitate the deployment and adoption of IPv6 within their countries and in their region, and to coordinate initiatives between regions to promote its deployment worldwide;
- 4 to consider using government procurement requirements to encourage deployment of IPv6 among ISPs and other relevant organizations, if appropriate,
- 5 to share experiences regarding IPv6 deployment.

Mer information om ITU:s olika engagemang runt IPv6 finns på ITU:s webbsida.²²

²¹ *Internet Protocol address allocation and facilitating the transition to and deployment of IPv6 in the developing countries*, https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/md/18/wtdc21/c/D18-WTDC21-C-0103!R1!PDF-E.pdf.

²² [Welcome to this IPv6 Website \(itu.int\)](https://www.itu.int/itu-t/ipv6/).

ETSI

European Telecommunications Standards Institute (ETSI) är en erkänd europeisk standardiseringsorganisation som arbetar med bl.a. elektroniska kommunikationsnät, tjänster och rundradio. ETSI stödjer europeiska regler och lagstiftning genom att ta fram europeiska standarder, bland dessa harmoniserade standarder. Utöver detta tar man fram olika tekniska specifikationer och andra dokument, t.ex. s.k. *White Paper*. ETSI har en arbetsgrupp kallad IPE, *IPv6 Enhanced Innovation*, som arbetar med specifika tekniska specifikationer kopplat till IPv6-adressering. Under 2017 publicerade ETSI ett dokument²³ riktat till företag och andra organisationer som planerar att övergå till IPv6 vilken PTS har hänvisat till i sin vägledning²⁴ för IT-personal.

Under 2020-talet har ETSI publicerat ytterligare dokument, bl.a. ett White Paper²⁵ om fördelar, lämpliga införandemetoder och utmaningar i samband med övergång till IPv6, samt en analys²⁶ om nuläget och aspekter som kommer att sätta fart på IPv6-införandet inom sektorn elektronisk kommunikation. ETSI håller med viss regelbundenhet även olika webinarier om bl.a. IPv6-adressering.

IETF

Internet Engineering Task Force (IETF) är den ledande organisationen för standardisering av Internet. IETF utvecklar öppna standarder genom öppna processer. Organisationen är global och de tekniska specifikationerna benämns *RFC* (*Request for Comments*). IETF är ansvarig standardiseringsorganisation för IP-adressering och den tekniska specifikationen för IPv6, som ursprungligen publicerades 1995, har under 2017 klassats som s.k. Internet Standard (RFC 8200²⁷). Utöver bas-specifikationen om IPv6 finns flera andra RFC:er med kopplingar till IPv6 på något sätt.

IETF har även publicerat RFC 6036²⁸ om olika scenarier för övergång till IPv6 för ISP:er. Man har under senare tid arbetat med att revidera denna med fokus på global

²³ *IPv6 Deployment in the Enterprise*, GR IP6 001 - V1.1.1 - IPv6 Deployment in the Enterprise (etsi.org).

²⁴ [ipv6-praktisk-vagledning-for-it-personal.pdf](#) (pts.se).

²⁵ ETSI White Paper No. 35, *IPv6 Best Practices, Benefits, Transition Challenges and the Way Forward*, https://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/etsi_WP35_IPv6_Best_Practices_Benefits_Transition_Challenges_and_the_Way_Forward.pdf.

²⁶ *IPv6 Enhanced Innovation (IPE); Gap Analysis*, https://www.etsi.org/deliver/etsi_gr/IPE/001_099/001/01.01.01_60/gr_IPE001v010101p.pdf.

²⁷ <https://www.rfc-editor.org/rfc/pdf/rfc8200.txt.pdf>.

²⁸ Emerging Service Provider Scenarios for IPv6 Deployment, <https://www.rfc-editor.org/rfc/pdf/rfc6036.txt.pdf>.

status för IPv6-övergången. Dokumentet²⁹, som är i status av en Internet-Draft (I-D) kan eventuellt beslutas som en RFC någon gång under 2022/23. Före dess kan dokumentet inte ses som ett officiellt dokument, men innehåller emellertid värdefull information om IPv6-införande.

RIPE NCC

RIPE NCC (*Réseaux IP Européens, Network Coordination Center*) är en registreringsenhet (RIR – Regional Internet Registry) som ansvarar för tilldelning och administration av bl.a. IP-adresser i Europa- och Mellanösternregionen, samt delar av Centralasien. Vid de återkommande RIPE-mötena³⁰ och även på de särskilda möten³¹ som RIPE NCC håller för regeringsföreträdare och regleringsmyndigheter i Europa finns ofta IPv6-frågan med på agendan. RIPE NCC arbetar även med olika utbildningar och har under 2022 lanserat utbildningar inriktade på hur aktörer inom den offentliga sektorn kan gå över till IPv6.³²

4. Vikten av att IPv6 införs brett – och nackdelar om så inte sker

IPv4 började användas på 1980-talet (IETF RFC 791 publicerades 1981). En IPv4-adress består av 32 bitar som ger protokollet möjlighet till ca 4 miljarder (4 294 967 296) unika adresser. IPv6 började användas på 1990-talet (IETF RFC 1883 publicerades 1995, nu under benämningen RFC 8200). En IPv6-adress består av 128 bitar som ger protokollet möjlighet till ca 340 sextiljoner³³ (340 282 366 920 938 463 463 374 607 431 768 211 456) unika adresser.

Tillgång till ett stort antal IP-adresser är centralt för en hållbar och säker digitalisering av samhället och för att internet ska kunna fortsätta vara en motor för tillväxt och innovation. Sverige har som land ett stort antal IPv4-adresser, då Sverige var tidigt ute med internet. Sverige är bland de länder i världen som har störst antal allokerade IPv4-adresser per capita.³⁴ Sverige placerar sig på ungefär femte plats efter USA (undantaget de allra minsta staterna som t.ex. Vatikanstaten och Liechtenstein). Det

²⁹ <https://datatracker.ietf.org/doc/pdf/draft-ietf-v6ops-ipv6-deployment-07>.

³⁰ [Meetings and Events — RIPE Network Coordination Centre](#).

³¹ [Roundtable Meeting for Governments and Regulators in Europe — RIPE Network Coordination Centre](#).

³² <https://academy.ripe.net/>.

³³ En sextiljon är 10³⁶.

³⁴ Se t.ex. denna presentation på s. 15 ([2022-03-02-addressing 2021.pdf \(potaroo.net\)](#)) och följande sammanställning över allokerade IPv4-adresser ([IP Resource Distribution Reports \(potaroo.net\)](#)).

råder dock en ojämn fördelning bland de svenska tillhandahållarna, där ett fåtal aktörer har en stor mängd adresser.³⁵

IP-adresser utgör en del av internets kritiska resurser och har därmed en central roll för såväl enskilda, organisationer och företag, samt samhället i stort. Tillgång till IP-adresser är en nödvändighet för att det ska kunna gå att kommunicera på samt använda internet i stort. Vidare medför tillgång till IP-adresser och adressering konsekvenser på många olika områden i samhället – konsumenträttigheter, konkurrens inom och utanför sektorn elektronisk kommunikation, samt realiserande av effektiva och säkra elektroniska kommunikationstjänster på internet.

IP-adresser, och i synnerhet IPv6-adresser, utgör en grundläggande funktionalitet för IP-baserade elektroniska kommunikationsnät och elektroniska kommunikationstjänster³⁶ för att säkerställa interoperabilitet för alla slutanvändare så att de kan nå varandra eller olika tjänster på ett effektivt och symmetriskt sätt.

Bristen på IPv4-adresser och den idag brett använda adressöversättningen (NAT) hos operatörer förstör grundläggande funktioner med internet, eftersom användningen av NAT-tekniker hindrar uppkopplade enheter att kommunicera direkt med varandra. Grovt uttryckt kan en slutanvändare, vars operatör använder sig av NAT, endast konsumera tjänster – inte producera och tillgängliggöra egna tjänster ut på internet. NAT skapar också ett tekniskt mer komplicerat nät och nätdesign som kan innebära att det ibland tar lång tid att få ovanpåliggande tjänster att fungera, vilket i sig är ett hinder för innovation och utveckling av nya tjänster.

I grund och botten kan man anlägga ett demokratiperspektiv på frågan om IPv6 då grundtanken med internet är att möjliggöra för slutanvändaren att skicka och ta emot meddelanden till och från vem den vill, samt upprätta egna digitala tjänster för sig själv, eller för andra. IPv4 med NAT kan i detta sammanhang, kraftigt förenklat, jämföras med ett telefonabonnemang som bara går att ringa från. Grundidén med IP-adresser är att möjliggöra symmetrisk åtkomst till internet. Detta är viktigt eftersom internet inte bara är streamingtjänster, utan innebär kommunikation åt båda håll, och kommunikation mellan olika slutanvändare. Detta kan förvisso uppnås med både IPv4- och IPv6-adresser. Problemet är att det krävs en publik IP-adress för att det ska fungera, och bristen på publika IPv4-adresser och användandet av NAT förhindrar detta. En publik IPv4-adress tillhandahålls oftast endast efter begäran, och i vissa fall tar internetleverantören också extra betalt för en publik IP-adress. Förutom

³⁵

https://labs.ripe.net/documents/295/RIPE_NCC_Internet_Country_Report_IPv6_in_Sweden_May_2022.pdf.

³⁶ T.ex. mobila samtalstjänster över 4G- och 5G-baserade mobilnät, fasta och mobila internetanslutningstjänster och internetbaserade meddelandetjänster.

detta perspektivet utgör en fri och obegränsad tillgång till publika IP-adresser också en förutsättning för innovationsneutralitet. Den nuvarande situationen leder vidare till en centralisering av tjänster och tjänsteutveckling till aktörer som Google, Facebook/Meta, Amazon och Microsoft. Med fri tillgång till publika IP-adresser kan innovation och tjänsteutveckling ske överallt.

IPv4-adresser har idag fått en strategisk betydelse som handelsvara och det är därmed förenat med konkurrensfördelar att inneha IPv4-adresser. Även ur en marknads- och konkurrensaspekt är det därför viktigt att lämpliga åtgärder vidtas för ett införande av den nyare adresseringsstandarden IPv6, så att även de aktörer som inte har IPv4-adresser ska kunna ha en möjlighet att etablera sig på marknaden.

Införande av IPv6 påverkar internets funktionalitet och utveckling inom nyckelområden som konnektivitet, skalbarhet och säkerhet. IPv6 ger som påpekats ovan förbättrade förutsättningar att upprätthålla ett öppet internet i linje med den s.k. TSM-förordningens intentioner, exempelvis möjlighet till symmetrisk global direktkommunikation, dvs. initierad från valfri ändpunkt (personer, saker, enheter eller tjänster).

När det gäller slutanvändares önskemål om att begära en publik IP-adress är det hos flera tillhandahållare inte möjligt att begära, eller beställa, en sådan. Det hämmar incitamenten att utveckla tjänster som förutsätter att slutanvändaren har tillgång till en publik IP-adress.

Digitaliseringen, inte minst tjänsteutveckling som följer av införande av nya tjänster genom AI, 5G/6G, IoT, molnlösningar, blockkedjor etc. medför ökande behov avseende antal anslutna ändpunkter, funktionalitet, prestanda och säkerhet. För detta är IPv6 en del av lösningen.

Utöver samhällets behov av införande av IPv6 för säkerställande av en fortsatt hållbar och säker digitalisering av samhället och givet adresseringsstandardens betydelse för ett fritt, öppet, skalbart och gemensamt globalt internet och i den globala förvaltningen av internet och internets kritiska resurser är nationers hantering av IPv6-frågan betydelsefull.

4.1 Sammanfattande fördelar med införande av IPv6 och nackdelar om så inte sker

Införande av IPv6 medför bl.a. följande viktiga fördelar.

- *Stor adressrymd:* Nuvarande pool av IPv4-adresser räcker inte till. IPv6 ökar antalet adresser väsentligt så att varje ansluten ändpunkt kan erhålla en egen publik IP-adress. Detta minskar komplexiteten i internet och möjliggör global

direktåtkomst där ändpunkter symmetriskt kan initiera kommunikation med varandra.

- *Effektivare adresshuvud*: Möjliggör effektivare routing med ökad snabbhet och reducerade processkostnader för varje enskilt IP-paket
- *Förbättrad säkerhet*: Möjlighet till bättre autentisering, dataintegritet (riktighet och autenticitet) och konfidentialitet.

Att hålla kvar vid IPv4 medför bl.a. följande nackdelar:

- Mer osäkra, icke-robusta och ineffektiva elektroniska kommunikationsnät och elektroniska kommunikationstjänster. Då IPv4-adresserna i stort sett är slut ökar nyttjandet av adressöversättningsteknik (NAT), med påföljande uppdelning av nät i segment samt centralisering i form av att trafik behöver passera centraliserade adressöversättningsfunktioner innan kommunikationen kan levereras till den faktiska mottagaren. Förutom att påverka effektivitet och säkerhet gör komplexiteten även att det blir svårare att initiera kommunikation utifrån, vilket riskerar att hämma innovation och nya tjänster.
- Långsammare internet då IPv4-baserad routing är mindre effektiv.
- Kostnader för IPv4-adresser. I de fall det krävs IPv4-adresser behöver dessa införskaffas på andrahandsmarknaden – till kontinuerligt ökande priser. Detta innebär även konkurrensfördelar för marknadsaktörer som innehar lager av IPv4-adresser, och motsvarande inträdeshinder på marknaden för de aktörer som inte innehar IPv4-adresser. Priset på IPv4-adresser uppgår i augusti 2022 till ca 50 USD³⁷, vilket motsvarar lite över 500 kronor per adress.
- Kostnader och andra problem kopplat till adressöversättningsteknik (NAT). Förutom att tekniken i sig är dyr, ökar den även kostnader för lagstiftad datalagring samt försvårar identifiering vid brottsutredningar.
- Ökande säkerhetsrisker. Eftersom IPv4 bygger på äldre teknik som till viss del är obsolet och tekniken sedan dess utvecklats och blivit mer komplex.
- Kompetensbrist och mindre tidsfönster. Uppskjutet införande av IPv6 innebär mindre tid för att skaffa sig kunskap, resurser och erfarenhet för att etablera och driva (inkl. stödsystem, övervaka och felsöka) IPv6-baserade nät och tjänster. Ett senare införande av IPv6 under tidspress innebär ökade risker.

Sammantaget blir övergången till IPv6 en strategisk fråga för att internet på bästa sätt ska erbjuda kapacitet och funktionalitet att stödja Sveriges och Europas digitala transformation. För den enskilda slutanvändaren kommer övergången till IPv6 ge

³⁷ [IPv4 Address Pricing - Previous IP Address Auction Sales Data | IPv4.Global.](#)

förutsättningar till förbättrad funktionalitet och prestanda, exempelvis snabbare internet samt effektivare och säkrare kommunikation med internetanslutna enheter såsom smarta hem och uppkopplade fordon och andra IoT-enheter.

Att införa IPv6 på bred front i infrastrukturen kan medföra initiala kostnader och inom ramen för denna rapport har PTS inte haft möjlighet att gör detaljerade kostnadsberäkningar.³⁸ Som redovisats ovan finns det även kostnader och risker med att hålla fast vid IPv4. Investeringar i IPv6 kan även motiveras genom att de kan bidra till ökad innovation och nya kunderbudanden. En möjlighet är att nyttja introduktion av nya tekniker, funktioner och tjänster som tillfällen att införa nya standarder och protokoll.

Vid investeringar i kapacitet samt nya tjänster och produkter är det viktigt att säkra att investeringar som görs ska kunna nyttjas enligt planerad livslängd. Här kan IPv6-införande bidra till ökad framtidssäkerhet, dock ofta till priset av högre initialkostnad.

4.2 Ytterligare aspekter på införandet av IPv6

4.2.1 Brottsutredande myndigheters möjlighet att utreda brott försvåras med IPv4 och NAT

För att brottsutredande myndigheter ska kunna utreda brott som begås på internet omfattas den som bedriver anmälningspliktig verksamhet enligt LEK av skyldigheter om att lagra uppgifter om vem som har haft vilken IP-adress vid en viss tidpunkt, se 9 kap. 19 § LEK.

Eftersom det råder brist på IPv4-adresser har operatörerna i olika utsträckning infört adressöversättning (NAT). Det gäller särskilt inom mobilnäten men även för fasta internetanslutningstjänster. Det innebär att från femtio upp till flera hundra slutanvändare måste dela på en publik IPv4-adress. För att brottsutredande myndigheter ska kunna utreda brott när NAT används, gäller enligt PTS föreskrifter (2019:2) om vilka andra uppgifter som ska lagras för att identifiera abonnent och registrerad användare vid användning av NAT-teknik, att den lagringskyldige ska

³⁸ När det gäller studier om kostnader vid införande av IPv6 har PTS inte noterat så många sådana. OECD gjorde en som publicerades 2014, *The Economics of the Transition to Internet Protocol version 6 (IPv6)* och 2019 publicerades en studie (*The Hidden Standards War: Economic Factors Affecting IPv6 Deployment*) från en gruppering på ett amerikanskt universitet kallad Internet Governance Project (<https://www.internetgovernance.org/>) som ser på ekonomiska faktorer vid IPv6-övergång, men också diskuterar kort hur länge man tror världen måste leva med både IPv4 och IPv6. Studien togs fram med stöd av ICANN, men återger inte på något sätt ICANN:s position i dessa frågor.

lagra, förutom IP-adressen, även s.k. portnummer för att en slutanvändare ska kunna identifieras. Ett problem är att innehållsleverantören i sin tur inte har någon skyldighet och sällan lagrar portnumret, vilket innebär att operatörerna har begränsade möjligheter att få fram exakta uppgifter om slutanvändarens identitet när brottsutredande myndigheter endast har en publik IPv4-adress att utgå ifrån. Brottsutredande myndigheter kan därför i praktiken få uppgifter om flera hundratals slutanvändare som har delat på en publik IPv4-adress och måste sedan gå igenom dessa för att utesluta vilka som inte är misstänkta. Det har förekommit fall där operatörer har motsatt sig utlämnande av så många abonnemangsuppgifter och frågan prövas f.n. i Förvaltningsrätten.

Hade tillhandahållarna istället använt IPv6-adresser där varje slutanvändare hade fått en publik IP-adress, hade detta problem inte funnits.

4.2.2 Robustare nät och tjänster med användning av IPv6

PTS bedriver ett pågående arbete med att öka robustheten i allmänna elektroniska kommunikationsnät i Sverige med syftet att möjliggöra att ett geografiskt avgränsat område ska kunna fungera mer eller mindre autonomt i händelse av ett större avbrott i infrastrukturen som innebär att området blir avskuret från resten av Sverige.³⁹ IPv6 är en förutsättning för att det ska gå att genomföra detta arbete.

Eftersom det finns så få IPv4-adresser använder operatörerna NAT vars funktioner ofta är centraliserade i Stockholm. Skulle en tillhandahållare få en störning i Stockholm eller i anslutning till Stockholm kan det medföra att nät i norra eller södra Sverige slutar fungera, eftersom trafiken inte kan passera NAT-funktionen i Stockholm.

Bristen på IPv4-adresser gör också att allmänna elektroniska kommunikationsnät med enbart användning av IPv4-adressering blir mycket fragmenterade och routingen blir mer komplicerad. Med bättre tillgång till adresser finns möjlighet att skapa robustare nät och bygga robustare tjänster. Skulle man använda IPv6 fullt ut går det att uppnå en effektivare routing både mellan operatörer och inom en och samma operatörs nät och det skulle också vara lättare att utbyta trafik mellan operatörer på regional nivå.

³⁹ PTS redovisning av myndighetens totalförsvarsarbete 2020, PTS-ER-2021:3.

5. Redovisning av inrättande av ett forum för samtliga berörda aktörer i värdekedjan runt IPv6

För att kunna etablera IPv6-forum⁴⁰ inledde PTS sitt arbete med att identifiera hela värdekedjan för IPv6. Först identifierades en övergripande värdekedja, därefter en mer ingående värdekedja i vilken PTS närmare identifierade vilken bransch-, intresse- eller medlemsorganisation som omfattar en viss del av värdekedjan för IPv6.

5.1 Beskrivning av värdekedjan för IPv6

Flera olika tillhandahållare medverkar och krävs för att kunna erbjuda slutanvändartjänster över IPv6. Dessa verkar i en värdekedja. Med värdekedja menas i denna rapport de aktörer som på något sätt är inblandade vid tillhandahållande av terminalutrustningar, elektroniska kommunikationsnät, molninfrastruktur, elektroniska kommunikationstjänster, digitala tjänster, e-tjänster och innehållstjänster i olika former för slutanvändarna att konsumera, med någon typ av IP-adressering (IPv4 och IPv6).

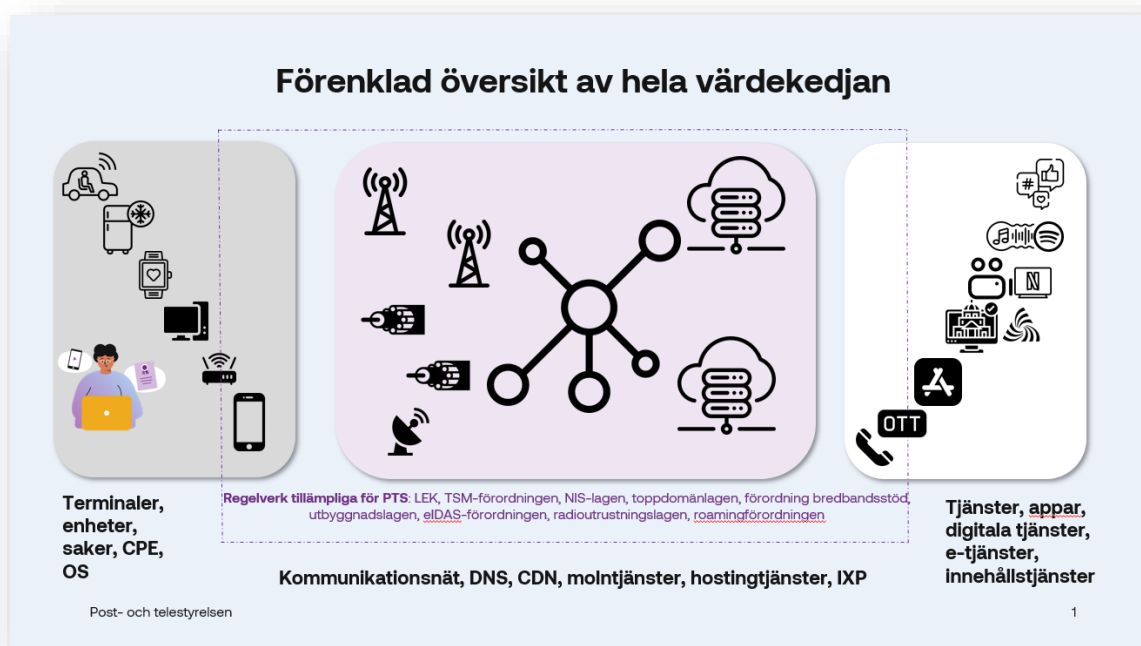
Dessa olika tillhandahållare verkar på olika nivåer i värdekedjan och är därmed en förutsättning för att IPv6 ska införas och användas i de allmänna elektroniska kommunikationsnäten och för tjänster, terminaler och innehåll i olika former. Det finns olika sätt att beskriva en värdekedja. Inför etablerandet av IPv6-forum har PTS valt att utgå från en något enklare värdekedja med en grov indelning av aktörer i tre kategorier där alla aktörstyper är relevanta för IPv6-adressering:

- Tillverkare av terminalutrustningar – allt från smarttelefoner till fordon
- Tillhandahållare av allmänna elektroniska kommunikationsnät och allmänt tillgängliga elektroniska kommunikationstjänster, samt t.ex. aktörer som tillhandahåller CDN-nät och molntjänster.

⁴⁰ Det har tidigare funnits ett svenskt Chapter till det globala *IPv6 Forum* (<https://www.ipv6forum.com/>), men enligt PTS efterforskningar är den svenska delen inte längre verksam.

- Tillhandahållare av olika slags innehållstjänster och andra digitala tjänster, appar och e-tjänster.

PTS förenklade värdekedja åskådliggörs i bilden nedan. Inom den streckade boxen anges de regelverk som PTS ansvarar för. Man kan därmed notera att vissa aspekter av IPv6 sträcker sig längre än de regelverk som faller under myndighetens ansvar att tillämpa.



Figur 2 - Förenklad översikt av hela värdekedjan

5.2 Framtagning av syfte, mål och agenda för forumet

Efter identifieringen av relevanta målgrupper och organisationer i hela värdekedjan för IPv6-frågan, arbetade PTS med att formulera syfte och målsättningar för forumet. Detta var en viktig del i att etablera IPv6-forum.

Identifierade syften och målsättningar är att IPv6-forum ska:

- Ge ökad kunskap om och förståelse hos olika aktörstyper om vikten av att införa IPv6

- Identifiera och dela framgångsfaktorer som leder till ökat IPv6-införande i Sverige
- Identifiera hinder för ökat införandet av IPv6 i Sverige
- Bidra till att fler aktörer inom hela värdekedjan kravställer och beställer IPv6
- Bidra till att nät och tjänster i sektorn för elektronisk kommunikation tillhandahålls i större utsträckning över IPv6
- Bidra till att slutkundsutrustning har stöd för IPv6 i större utsträckning
- Bidra till att innehåll tillhandahålls i större utsträckning över IPv6

Efter identifieringen av syfte och målsättningar för IPv6-forum arbetade PTS närmare med utformning av agendan för det första mötet i IPv6-forum. Syftet med det första forumet var att åter väcka intresset för IPv6, belysa vikten av att IPv6 införs, informera och engagera deltagare, att dela motiv och nyttor med att införa IPv6 och att höra olika aktörer i värdekedjan.

PTS vände sig i början av 2022 till ett antal företag och organisationer och informerade om sitt uppdrag och frågade om företaget eller organisationen ville medverka som talare på det första IPv6-forumet och dela med sig av aktörens eller organisationens arbete inom och syn på IPv6.

På det första forumet, som hölls den 11 maj 2022⁴¹, medverkade talare som representerade några av nivåerna i värdekedjan, samt några i övrigt relevanta aktörer, nämligen följande:

- RIPE NCC
- Swedish Network Users Society (SNUS) och Internet Society Swedish Chapter (ISOC-SE)
- Ericsson
- SVT
- Svenska Stadsnätetsföreningen
- Spotify
- Utsikt Bredband
- Amazon

Inga av de större operatörerna/tillhandahållarna av fasta eller mobila elektroniska kommunikationstjänster medverkade som talare på det första forumet. De hade tackat nej till att tala på PTS förfrågan.

⁴¹ <https://pts.se/sv/bransch/internet/arrangemang-och-forum/ipv6-forum/>.

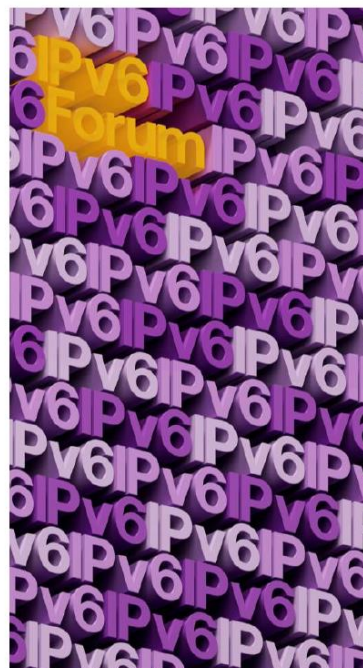
5.3 Reflektioner från det första mötet i IPv6-forum

Det första mötet i IPv6-forum var ett hybridmöte. Runt 40 deltagare medverkade på plats och ca 60 deltagare medverkade på distans.

Agendan för forumet var enligt nedan och presentationerna finns tillgängliga på [PTS webbplats](#).

Agenda

Kl. 09.00	PTS generaldirektör hälsar välkommen
Kl. 09.05	Inledning
Kl. 09.10	Presentation: RIPE NCC ger sin syn på IPv6 i Sverige
Kl. 09.25	Presentation: SNUS och ISOC-SE berättar om utmaningar med IPv6 i Sverige
Kl. 09.45	Paus och kaffe
Kl. 10.00	Presentation: Ericsson, SVT, Svenska Stadsnättsföreningen, Spotify, Utsikt Bredband och Amazon berättar om sina arbeten med IPv6 i Sverige
Kl. 11.30	Diskussion: Vad kan vi göra tillsammans för att öka införandetakten av IPv6 i Sverige?
Kl. 11.50	Diskussion: Viktiga frågor för IPv6-forum och dess framtid
Kl.12:15	Vi avslutar mötet



RIPE NCC delade med sig av sina främsta slutsatser från ”Country Report: IPv6 in Sweden”⁴². Denna studie hade RIPE NCC tagit fram på PTS förfrågan och den publicerades i samband med första forumet. Några av slutsatserna från denna studie är att:

- Sverige har en ovanligt stor tillgång till IPv4-adresser givet sin befolkningensmängd, vilket sannolikt bidrar till det låga IPv6-införandetakten enligt RIPE NCC:s bedömning.

⁴² [A Special RIPE NCC Country Report: IPv6 in Sweden | RIPE Labs.](#)

- Landets större operatörer varierar stort i IPv6-förmåga. Samtidigt ligger de svenska operatörerna *efter* genomsnittet över IPv6-tillhandahållande i världen.
- Telia Company, Tele2 och Telenor är de tillhandahållare som innehar flest IPv4-adresser på den svenska marknaden: Telia Company med 22 procent IPv4-innehav, Tele2 med 21 procent IPv4-innehav samt Telenor med 8,5 procent IPv4-innehav. Det innebär enligt RIPE NCC en måttlig konsolidering av marknaden.

Svenska stadsnätetsföreningen delade bl.a. följande information om de svenska stadsnätets förmåga och tillhandahållande av IPv6:

- Stadsnät finns i närmare 200 av Sveriges kommuner
- Nästan hälften av stadsnäten är sin egen kommunikationsoperatör
- Resten, förutom några undantag, upphandlar extern kommunikationsoperatör
- Uppskattningsvis har 30 procent av stadsnäten infört IPv6, företrädesvis de större som är egen kommunikationsoperatör. Detta motsvarar ca 70 procent av alla anslutningar
- De mindre stadsnäten ser inte behovet
- Många har gammal utrustning som har levt längre än fem år
- Bedömningen är att uppdatering sker i större skala kommande år
- I stadsnät med extern kommunikationsoperatör driver inte kommunikationsoperatören frågan
- Stadsnäten kan eller kommer att ställa tydligare krav i upphandlingar

Av ISOC-SE och SNUS gemensamma presentation framgick bl.a. att ca 24 procent av registrerade domännamn i .se-zonen har åtkomliga webbadresser över IPv6. 78 procent har IPv6 på en eller flera DNS-servrar och ca 16 procent har IPv6-stöd för e-post. Således går det inte att säga att det inte finns något innehåll på internet över IPv6 i Sverige. Vidare erbjuder bl.a. Facebook/Meta, Google, YouTube och Microsoft sina tjänster över IPv6 sedan länge. De framförde också att internet ska vara en öppen kommunikationsplattform där det inte finns stängda öar. Öppenhet kräver innovation, kommunikation och utveckling. Sverige ligger inte i frontlinjen av utvecklingen vilket kan påverka konkurrensförmågan och möjlighet till global kommunikation, och det faktum att nyetablerade företag får vänta länge på IPv4-adresser hos RIPE NCC hindrar företagsutvecklingen i Sverige.

Ericsson informerade bl.a. att bolagets utrustning för mobila kommunikationsnät har IPv6-stöd för att förse användarenheter (mobiltelefoner) med IPv6-internetaccess, när det underliggande nätet verkar över IPv6. Ericsson framförde att IPv6 fortsätter

att vara en viktig pusselbit för mobilnät på så sätt att IPv6 säkerställer framtida flexibilitet i mobilnäten. För att Ericssons vision om 50 miljarder uppkopplade saker/enheter globalt ska uppnås krävs IPv6. Ericsson framförde vidare att IPv6 motverkar ineffektivitet, säkerställer global uppkoppling och nåbarhet samt minskar nätens komplexitet och istället bidrar med flexibilitet och skalbarhet. Vidare medför IPv6 allmänt förekommande nyttor enligt Ericsson.

Utsikt Bredband redogjorde för att de sköter och utvecklar ett av Sveriges största stadsnät med 80 000 portar (slutanvändare). Stadsnätet omfattar regionerna Östergötland och Södermanland. Det finns 25 tjänsteleverantörer i nätet. Utsikt Bredband aktiverade IPv6 2018 då de anslöt ett studentnät i Linköping med ca 5 000 slutanvändare. Inte en enda felanmälan inkom. Därefter har aktivering av IPv6 gjorts i hela nätet som även det har flutit på utan några större problem. Enbart ett fåtal felanmälningar har tagits emot under fyra år och det har framförallt gällt felaktig eller felinställd kundutrustning. Utsikt Bredband har följt kraven för definition av internetaccess⁴³ som tagits fram av Internetstiftelsen, Netnod m.fl. flera andra aktörer. Utsikt Bredband framförde att det är långt från 100 procent användande hos kunderna. Dessutom är det bara sju av de 25 tjänsteleverantörerna som levererar IPv6. Utsikt Bredband avslutade med att uppmuntra deltagarna vid forumet att ”Låt oss blir bäst på IPv6 i världen och inte tvärtom”, ”Hjälp varandra, rådfråga kollegor i branschen. Sverige är ett litet land, men kompetens finns”.

SVT berättade att deras nätinфраstruktur kan hantera IPv6 men för närvarande bygger deras egna streamingplattform enbart på IPv4. SVT anser dock att deras streamingtjänster blir bättre med IPv6 bl.a. på grund av att svar på DNS-uppslag blir snabbare. På en fråga om när man kan förvänta att SVT fungerar med IPv6 uppgavs att det inte ligger så långt fram i tiden.

Spotify och Amazon tillhandahåller sina tjänster över IPv6. SNUS, ISOC-SE och Amazon beskrev bl.a. att elektroniska kommunikationstjänster blir mer osäkra då nätdesign inklusive routing vanligen går till centrala noder i Stockholm, för att där vända och skickas tillbaka där frågeställaren befinner sig geografiskt. Sättet som routing är designad på, inklusive användningen av adressöversättningsfunktioner, gör de elektroniska kommunikationsnäten och tjänsterna mer sårbara.

I den avslutande diskussionen framförde en representant från TechSverige att nyttor med IPv6 behöver beskrivas på ett enklare sätt. Vidare konstaterades att IPv6 också är en fråga för ledningsgrupper och ”managementnivå”, men att dessa tycks sakna kännedom om nyttan och behovet av IPv6.

⁴³ Internetaccess – definition, version 1.0 - [Internetstiftelsen_Internetaccess_Definition_Version_10_A4.pdf](#).

Samtliga, egentligen hela samhället, behöver ställa krav på IPv6 i anskaffningsunderlag när det gäller anskaffningar av tjänster och produkter. Det gäller allt från organisationers webbplatser, DNS- och e-posttjänster samt övriga innehållstjänster och utrustning, samt för de tjänster som tillhandahålls inom sektorn elektronisk kommunikation i stort.

En representant från Mobility Sweden konstaterade att denna information (vikten av IPv6) hade varit värdefullt att veta tidigt givet att det är långa cykler för att kravställa delar i bilproduktion.

Det framhölls önskemål om att anordna IPv6-forum två gånger per år, men också att aktiviteter bör förekomma eller åtgärder bör vidtas, mellan mötena. PTS informerade att ett andra möte i IPv6-forum kan komma att anordnas i slutet av 2022.

För att IPv6-forum ska kunna bidra till ett ökat IPv6-införande i Sverige är dock PTS bedömning att det inom IPv6-forum kommer att krävas t.ex. utarbetande av branschöverenskommelser eller utfästelser om att tillhandahålla IPv6 från medverkande aktörer, vilket kräver resurser för att kunna arbeta med dessa frågor även mellan forumen.

Slutligen kan uppmärksammas att SNUS m.fl. i juli 2022 publicerade en kompletterande beskrivning⁴⁴ av läget om IPv6 i Sverige där de redovisar sin syn på frågan, problemställningar och förslag till ett antal åtgärder som skulle kunna öka införandet i Sverige;

- Att regeringen ger PTS i uppdrag att övergå från främjande (genom informationsinsatser) till reglerande och finansierade aktiviteter i IPv6-frågan, där en klokt avvägd reglering leder till att marknadsaktörernas egenintresse leder mot större IPv6-användande, och finansiering görs med sådan karaktär att öppenhet och IPv6 premieras
- Att regeringen uppdrar åt upphandlande offentliga organ att kräva IPv6 i alla upphandlingar av kommunikationstjänster
- Att PTS ser till att offentliga organisationer får stöd i leveranstester av produkter och tjänster med IP och/eller Internetanslutning
- Att regeringen förordar att all offentligt finansierad programutveckling (inte bara sådan som används av offentlig sektor för interna eller externa tjänster) stödjer kommunikation över IPv6 på samma nivå eller bättre än IPv4

⁴⁴ IPv6 - En sammanfattning av läget i Sverige, <https://www.snus.se/wordpress/wp-content/uploads/2022/07/IPv6-En-sammanfattning-2.pdf>

- Att kommunikationsinfrastruktur som finansieras helt eller delvis med offentliga medel krävs att leverera IPv6 på samma nivå eller bättre än IPv4

6. Redovisning av kvarvarande hinder för införandet av IPv6-adressering

I PTS slutredovisning från den 18 februari 2021 av regeringsuppdraget om att främja och följa införandet av IPv6 för den offentliga sektorn, identifierades ett antal utmaningar som myndigheten bedömde förelåg för ett ökat införande av IPv6.

Baserat på de identifierade utmaningarna och det som PTS erfarit under arbetet med detta uppdrag, bl.a. vad som framkom under mötet i IPv6-forum, bedömer PTS att de områden som anges i avsnitt 6.1 nedan utgör de två främsta hindren till den låga införandetakten av IPv6 i Sverige, och att ett undanröjande av dessa hinder påtagligt skulle förändra situationen. I avsnitt 6.2 lyfter PTS ytterligare några hinder som identifierats under arbetet med uppdraget.

En viktig lärdom som PTS har erfarit baserat på dels utfall från tidigare IPv6-regeringsuppdrag och dels på den dialog med marknadsaktörer som PTS haft under arbetet med nuvarande uppdrag, är att enbart främjandeåtgärder inte leder till den utveckling av IPv6-införande som är önskvärd. PTS bedömning är således att det finns behov av en ökad styrning och reglering för att åstadkomma en verklig förändring avseende införandet av IPv6 i Sverige. För respektive hinder som anges nedan föreslår PTS således ett antal åtgärder som myndigheten bedömer viktiga för att åstadkomma den förändring som är önskvärd.

PTS förslag på åtgärder framgår av avsnitt 8.

6.1 De två främsta hindren

De två hinder som PTS bedömer är de viktigaste att undanröja beskrivs nedan.

6.1.1 Låg efterfrågan på IPv6 i den offentliga sektorn

Låg efterfrågan finns inte bara inom offentlig sektor utan i flera delar av värdekedjan. Men statliga myndigheter, regioner och kommuner utgör en stor kundbas i Sverige vad gäller nyttjande av elektroniska kommunikationstjänster och tillhandahållande av digitala tjänster och e-tjänster till allmänheten. En större efterfrågan från dessa, dels

på att deras egna internetanslutningstjänster ska vara IPv6-kompatibla, dels på att de tjänster de tillhandahåller till allmänheten är nåbara över IPv6, skulle troligen få stor påverkan på marknadsaktörernas, såsom operatörers och internetleverantörers, incitament att tillhandahålla IPv6.

6.1.2 Begränsat tillhandahållande av IPv6-kompatibla anslutningar i de allmänna elektroniska kommunikationsnäten

Det är av stor vikt att det finns möjlighet för den som efterfrågar IPv6-kompatibla anslutningar att få det, oavsett på vilken nivå i värdekedjan som aktören agerar. En specifik sådan nivå som lyfts av olika marknadsaktörer är kommunikationsoperatörer (KO). KO erbjuder aktivt tillträde till internetleverantörer (ISP), som i sin tur tillhandahåller internetanslutningstjänster till slutanvändare. PTS bedömning är att en mycket stor del av slutanvändare i Sverige får sin anslutning från en ISP via en KO. Då är det av vikt att dessa ISP:er har möjlighet att kunna tillhandahålla sin internetanslutningstjänst med IPv6 till sina slutanvändare.

Ovan beskriver PTS de två främsta hindren som har identifierats, och i 6.2 redovisas ytterligare hinder. Med tanke på de fördelar med att införa IPv6 och de nackdelar med att vidmakthålla IPv4 som PTS beskriver i avsnitt 4 så kan det förefalla märkligt och ologiskt att det fortfarande finns hinder kvar. PTS har dock inom ramen för detta uppdrag endast redogjort för kvarvarande hinder och har inte genomfört en ingående analys om orsakerna till varför dessa hinder föreligger. Nedan följer dock ett kort resonemang kring tänkbara orsaker.

Orsakerna varierar beroende på vilken aktör det handlar om. Hos slutanvändare (t.ex. inom offentliga sektorn) spelar troligtvis kunskap en stor roll, eftersom det fungerar som det är idag vilket är det viktigaste. PTS har information på sin webbplats om nyttan med IPv6 samt vägledning för beslutsfattare i offentlig sektor, men troligtvis måste det komma till ett ”skarpt läge” innan frågan om att införa IPv6 ges prioritet. Vad gäller tillhandahållande av IPv6-kompatibla anslutningar i de allmänna elektroniska kommunikationsnäten handlar orsakerna troligen mer om dels vilken tillgång till IPv4-adresser man har idag och dels att de initiala kostnaderna för ett IPv6-införande väger tyngre än de långsiktiga fördelar som IPv6 medför.

Sett till alla ingående aktörer i värdekedjan är en mer generell orsak att respektive aktör i första hand naturligt nog ser till sin egen situation och inte till helheten. I första hand ser aktörerna till sin egen ekonomi, teknik och affärsmöjlighet, snarare än att tänka i banor som att ”vad kan eller bör jag bidra med för att få till ett internet som säkerställer möjlighet till innovation samt interoperabilitet för alla slutanvändare så att de kan nå varandra eller olika tjänster på ett effektivt och symmetriskt sätt”.

Som nämnts ovan har PTS inte genomfört en ingående analys om varför dessa hinder föreligger, men oavsett orsaken till hindren så finns de dock där. PTS bedömning är därför att de förslag som redovisas i avsnitt 8 är lämpliga och relevanta att beakta.

6.2 Ytterligare hinder

6.2.1 Stort antal IPv4-adresser i Sverige

Som nämnts i avsnitt 4 och 5.3 har ett fåtal tillhandahållare i Sverige ett stort antal IPv4-adresser. Detta faktum kan vara ett hinder när det gäller svenska aktörers vilja att gå över till IPv6, eftersom situationen inte upplevs som så akut. Detta gäller dock främst det fåtal aktörer som var med från internets begynnelse i Sverige. Efterkommande aktörer som t.ex. en ny leverantör av internetanslutningstjänst kan uppleva stora problem med att ta sig in på marknaden, eftersom det är svårt och dyrt att få tag på IPv4-adresser, vilket fortfarande krävs för att kunna verka på marknaden idag.

Enligt uppgifter som framkommit i PTS senaste kartläggning⁴⁵ har en majoritet av aktörerna som agerar på marknaden idag IPv4-adresser för tilldelning, men de flesta beräknar dock att dessa tar slut inom tre till fyra år.

6.2.2 Det saknas incitament för att leverera IPv6

Tillhandahållare av elektroniska kommunikationsnät och elektroniska kommunikationstjänster saknar idag incitament för att erbjuda internetanslutningstjänst med IPv6. Även om t.ex. webbplatsen pts.se är nåbar över IPv6 är den också nåbar över IPv4. Flera tillhandahållare bedömer idag att det är mer ekonomiskt fördelaktigt att inte införa IPv6. Det får dock till följd att det byggs upp en ”teknisk skuld” för framtiden, eftersom IPv6 kommer behöva införas förr eller senare. Det segdragna införandet innebär dessutom en risk för Sverige som framgångsrik IT-nation.

6.2.3 Efterfrågan från marknaden inom sektorn elektronisk kommunikation saknas

Enligt PTS kartläggning om tillhandahållande av IPv6 i fasta allmänna kommunikationsnät i Sverige, är bristande efterfrågan den vanligaste orsaken till att beslut om att införa IPv6 inte fattas av aktörerna. Detta gäller inte bara inom offentlig sektor. Den näst vanligaste orsaken till att beslut om att införa IPv6 inte fattas

⁴⁵ *Tillhandahållande av IPv6 i fasta allmänna kommunikationsnät i Sverige 2021* - [Tillhandahållande av IPv6 i fasta allmänna kommunikationsnät i Sverige \(pts.se\)](#).

(exempelvis på grund av NAT-användning eller tillräckligt antal IPv4-adresser) är avsaknad av behov.

6.2.4 IT-utrustning stödjer inte alltid IPv6

I PTS kartläggning ställs frågan om vilka hinder som finns för införande av IPv6. Ofta förekommande svar på den frågan härrör sig till att IT-utrustning saknar stöd för IPv6. Framförallt gäller det kundplacerad nätutrustning för fasta internetanslutningstjänster, t.ex. fiberkonverterare. Men enligt svaren från operatörer saknar ofta även perifera nätelement (routrar) stöd för IPv6. Sannolikt utgör detta ett större problem då sådan utrustning kräver större investeringar att ersätta än slutkundsägd utrustning. När det däremot gäller terminaler som t.ex. smarttelefoner, surfplattor och datorer med tillhörande operativsystem finns det sedan länge fungerande IPv6-stöd i dessa.

6.2.5 Kunskap om nyttor med och behov av IPv6 saknas oftast på ledningsnivå i Sverige

Många tekniker i branschen förstår behovet av att införa stöd för och på sikt helt övergå till IPv6. Däremot, vilket framfördes på IPv6-forum, är det många gånger så att ledningsnivån i organisationer saknar kunskap om, och därmed förståelse för nyttan med eller behovet av IPv6, vilket ofta medför att beslut och finansiering för att införa IPv6 inte prioriteras i organisationerna.

6.2.6 Det råder i viss mån brist på nätverkstekniker

På IPv6-forum framfördes vidare att ett problem i Sverige är att det dels saknas nätverkstekniker, och dels att de nätverkstekniker som utbildas inte utbildas med rätt eller aktuell IPv6-kompetens. Att kompetensen om nätverk är på väg att försvinna kan innebära problem för Sverige som framgångsrik IT-nation.

6.2.7 Enbart främjandeåtgärder från offentligt håll

En gemensam nämnare för de länder i Europa som kommit längre än Sverige när det gäller IPv6 är att i dessa länder tycks ha förekommit någon form av aktivitet från offentligt håll eller hos ISP:er.⁴⁶ I Sverige har det inte alls förekommit någon större samlad aktivitet från marknaden, och när det gäller det offentliga har det vid några tillfällen förekommit diverse främjandeuppdrag initierade av regeringen. Något tydligt uttalat mål om att på permanent basis driva frågan, eller att ställa mer uttryckliga krav på offentlig sektor eller marknaden i stort har inte förekommit.

⁴⁶ https://ripe84.ripe.net/wp-content/uploads/presentations/t14-IPv6_Status_Paolo_Volpato.pdf.

7. Befintliga regelverk och IPv6

Det finns för närvarande inte några bestämmelser i svensk eller europeisk lagstiftning som innebär uttryckliga skyldigheter för tillhandahållare av elektroniska kommunikationsnät eller elektroniska kommunikationstjänster att införa IPv6. Nedan redogörs för befintliga bestämmelser som på olika sätt kan ha betydelse för frågan om IPv6. Redogörelsen tar upp regelverk som det är PTS uppgift att tillämpa (se även figur 2 i avsnitt 5.1).

Enligt 5 kap. LEK får olika skyldigheter åläggas företag som är aktiva på marknaderna för elektroniska kommunikationsnät och elektroniska kommunikationstjänster.

I 5 kap. 5–27 §§ LEK finns det bestämmelser som innebär att PTS under vissa särskilda förutsättningar ska förhandsreglera marknader inom elektronisk kommunikation. Bestämmelserna innebär att PTS ska ålägga företag, som är operatörer i lagens mening, skyldigheter (SMP-skyldigheter), om de bedöms ha betydande inflytande (*Significant Market Power*, SMP) på en relevant marknad. Alla aktörer i värdekedjan (avsnitt 5.1) är inte nödvändigtvis operatörer i lagens mening eller verksamma på marknader som kommer ifråga för förhandsreglering. Flertalet aktörer har sannolikt inte heller sådan marknadsmakt som är en förutsättning för åläggande av SMP-skyldigheter. I fråga om ett stort antal av de aktörer som finns i värdekedjan, och där det enligt PTS bedömning är viktigt att de inför IPv6, är det således inte aktuellt att ålägga SMP-skyldigheter.

Syftet med förhandsreglering är att skapa effektiv konkurrens till förmån för slutanvändare. SMP-skyldigheter kan enligt 5 kap. 16 § första stycket inbegripa bl.a. tillträde till tekniska gränssnitt och protokoll som är nödvändig för interoperabilitet mellan tjänster. Vidare kan skyldigheter åläggas att vidta åtgärder för att nät eller tillhörande faciliteter kan förbindas.

Ett brett införande av IPv6 i Sverige skulle i och för sig, generellt sett, kunna leda till förbättrad konkurrens mellan aktörerna på marknaderna för elektroniska kommunikationsnät och elektroniska kommunikationstjänster. Den initiala bedömningen är dock att det hittills långsamma införandet av IPv6 i Sverige inte huvudsakligen beror på att en eller ett fåtal operatörer utnyttjar sitt marknadsinflytande för att hämma andra företags marknadsinträde, vilket är det skäl som främst skulle kunna ligga till grund för införande av SMP-skyldigheter (se 5 kap. 5–7 §§ LEK). Som närmare beskrivits i avsnitt 6 är det avgörande att IPv6-adressering införs hos aktörer i hela värdekedjan. SMP-skyldigheter kan emellertid inte åläggas aktörer som inte är operatörer i lagens mening. Inte heller kan SMP-skyldigheter åläggas operatörer som inte kan bedömas ha sådant betydande marknadsinflytande som krävs enligt 5 kap. LEK.

Mot den angivna bakgrunden blir slutsatsen att bestämmelserna i LEK om åläggande av SMP-skyldigheter inte är ändamålsenliga för att åtgärda problemet att samtliga relevanta aktörer i värdekedjan inte inför IPv6. Det nu sagda utesluter dock inte att SMP-skyldigheter enligt 5 kap. 16 § LEK skulle kunna införas även i fråga om IP-adressering för en enskild operatör som har betydande marknadsinflytande, när åtgärden tar om hand ett specifikt och identifierat konkurrensproblem.

Det finns även bestämmelser i LEK om skyldigheter i fråga om samtrafik och interoperabilitet som kan åläggas företag som inte bedöms ha betydande marknadsinflytande. Av 5 kap. 3 § LEK framgår att den som kontrollerar tillträde till slutanvändare och som bedriver anmälningspliktig verksamhet får åläggas att mot skälig ersättning bedriva samtrafik eller vidta någon annan åtgärd som krävs för att säkerställa att slutanvändare kan nå varandra, eller att göra tjänster interoperabla med andra operatörers tjänster.

Av förarbetena till motsvarande bestämmelse i den tidigare gällande lagen om elektronisk kommunikation framgår att uttrycket *kompatibilitet* (i den nu gällande lagen används i stället ordet *interoperabilitet*) kan innefatta anpassning av nät för att slutanvändare ska kunna kommunicera med varandra genom olika versioner av internetprotokollet (prop. 2010/11:115 s. 73). Emellertid har bestämmelsen i 5 kap. 3 § LEK formulerats så att den i första hand synes vara avsedd att tillämpas när en operatör begär att en annan operatör ska bedriva samtrafik eller annars åstadkomma nåbarhet till eller interoperabilitet med den begärande operatörens nät eller tjänster. Eftersom det anges att åtgärderna ska vidtas mot skälig ersättning torde det också vara förutsatt att en ålagd skyldighet enligt bestämmelsen ska leda till att någon form av avtal sluts mellan operatörerna (se prop. 2002/03:110 s. 177 f. och 375).

Vidare framhålls det i förarbetena att bestämmelsen är avsedd att tillämpas enbart i specifika fall. Beslut ska enligt förarbetena inte ”kunna utformas som ett generellt tillämpligt krav att i varje förekommande fall vidta åtgärder för att göra tjänster kompatibla” (se prop. 2010/11:115 s. 73).

Det är tänkbart att en operatör skulle kunna väcka frågan hos PTS om en annan operatör kan förpliktas att vidta åtgärder för att säkerställa interoperabilitet genom att införa IPv6. Något sådant ärende har hittills inte förekommit. Utifrån bestämmelsens utformning torde det dock stå klart att ett eventuellt beslut om förpliktelse enbart skulle kunna avse en specifik operatör, och inte alla relevanta aktörer i hela värdekedjan. Vidare är många aktörer i värdekedjan inte sådana företag som både är anmälda enligt LEK och kontrollerar tillträde till slutanvändare. Bestämmelsen kan då inte tillämpas i förhållande till dem. Mot den angivna bakgrunden är det i praktiken inte realistiskt att tillämpa bestämmelsen i 5 kap. 3 § LEK så att den uppnår syftet att alla relevanta aktörer i värdekedjan ska införa IPv6.

Den s.k. TSM-förordningen⁴⁷ innehåller bl.a. bestämmelser om skydd för en öppen internetanslutning. Det anges i artikel 3.1 i TSM-förordningen att "[s]lutanvändare ska ha rätt att via sin internetanslutningstjänst ha tillgång till och distribuera information och innehåll, använda och tillhandahålla applikationer och tjänster och använda terminalutrustning efter eget val [...]". Enligt artikel 2.1 definieras en internetanslutningstjänst som "en allmänt tillgänglig elektronisk kommunikationstjänst som erbjuder anslutning till internet, och därigenom möjlighet till anslutning mellan praktiskt taget alla ändpunkter på internet, oberoende av vilken nätteknik och terminalutrustning som används".

TSM-förordningen innehåller inte någon bestämmelse som uttryckligen tar sikte på IPv6-adressering. Det skulle emellertid kunna göras gällande att en internetanslutningstjänst som enbart stödjer IPv4 inte fullständigt uppfyller de krav som följer av artikel 3.1 jämförd med artikel 2.1, eftersom en sådan internetanslutningstjänst inte nödvändigtvis ger möjlighet till anslutning mellan praktiskt taget alla ändpunkter på internet oberoende av nätteknik.

I artikel 5 och 6 TSM-förordningen finns det bestämmelser om tillsyn, verkställighet och sanktioner. Som bestämmelserna har utformats synes avsikten främst vara att medlemsstaternas tillsynsmyndigheter ska ingripa i enskilda fall mot leverantörer av internetanslutningstjänster när överträdelser av kraven i artikel 3 har konstaterats.

Enligt 11 kap. 13 § LEK får PTS meddela de förelägganden som behövs för fullgörande av de skyldigheter som anges i bl.a. artikel 3 i TSM-förordningen. Någon rätt att meddela föreskrifter som ansluter till skyldigheterna i artikel 3 finns emellertid inte.

Utifrån TSM-förordningens ordalydelse och de tillsynsbefogenheter som PTS har tilldelats finns det inte förutsättningar för PTS att fatta beslut om att införa generellt verkande skyldigheter för alla relevanta aktörer i värdekedjan att införa IPv6. Till det sagda kommer att många av de aktörer som ingår i värdekedjan inte tillhandahåller internetanslutningstjänster till slutanvändare. Artikel 3 i TSM-förordningens kan inte tillämpas i förhållande till sådana företag.

Den sammanfattande slutsatsen av det ovanstående är att nu gällande lagstiftning och EU-rättsakter inte är tillräckliga om syftet är att införa rättsligt bindande generella skyldigheter för tillhandahållare av elektroniska kommunikationsnät eller elektroniska kommunikationstjänster att se till att deras nät respektive tjänster stödjer IPv6.

⁴⁷ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2015/2120 av den 25 november 2015 om åtgärder rörande en öppen internetanslutning och om ändring av direktiv 2002/22/EG om samhällsomfattande tjänster och användares rättigheter avseende elektroniska kommunikationsnät och kommunikationstjänster och förordning (EU) nr 531/2012 om roaming i allmänna mobilnät i unionen.

Inom ramen för detta uppdrag har PTS emellertid inte haft möjlighet att ta fram detaljerade förslag till lagstiftningsåtgärder för att uppnå syftet med ett brett införande av IPv6.

8. Förslag på åtgärder för ett ökat införande av IPv6-adressering

I avsnitt 6.1 beskriver PTS de områden som myndigheten bedömer utgör de två främsta hindren till den låga införandetakten av IPv6 och i avs. 6.2 lyfts ett antal ytterligare hinder som identifierats.

Avsnitt 7 ovan redovisar kortfattat befintliga regelverk och möjligheter att med dessa reglera IPv6.

I detta avsnitt redogör PTS för de viktigaste åtgärderna respektive ytterligare åtgärder för att undanröja hindren.

Såsom beskrivits i avsnitt 2 har PTS gjort en samlad bedömning att det inte längre är en framkomlig väg att *enbart* genomföra olika främjandeåtgärder för att öka IPv6-införandet i Sverige. PTS föreslår därför mer kraftfulla åtgärder för att möta upp de kvarvarande hinder myndigheten har identifierat.

8.1 De viktigaste åtgärderna för att undanröja de främsta hindren

De åtgärder som PTS bedömer bör genomföras för att undanröja de främsta hindren (avsnitt 6.1) för tillhandahållande av IPv6 är:

- Regeringen ger alla statliga myndigheter i uppdrag att se till att deras relevanta IT-infrastruktur stödjer IPv6 (t.ex. webbplatser, e-posttjänst och DNS-tjänst för digitala tjänster, samt eventuellt ytterligare e-tjänster på myndighetens webbplatser)
- Regeringen bör överväga att ta initiativ till lagstiftning som innebär att kommuner och regioner har en skyldighet att se till att deras relevanta IT-infrastruktur stödjer IPv6 på samma sätt som rekommenderas ovan för statliga myndigheter
- Regeringen bör överväga att ta initiativ till lagstiftning som innebär att alla tillhandahållare av fasta och mobila elektroniska kommunikationstjänster, inklusive t.ex. stadsnät och kommunikationsoperatörer (KO), har en skyldighet att tillhandahålla IPv6 i sina elektroniska kommunikationsnät och tjänster

I två av dessa åtgärdsförslag finns överväganden om ny lagstiftning med. Som anges i föregående avsnitt 7 har PTS dock inte inom ramen för detta uppdrag haft möjlighet att ta fram detaljerade lagförslag. Enligt PTS bedömning skulle en lagstiftning med innebörden att tillhandahållare av fasta och mobila elektroniska kommunikationstjänster har en skyldighet att tillhandahålla IPv6 i sina allmänna elektroniska kommunikationsnät vara förenlig med artikel 61 i EU-direktiv 2018/1972, vilken ger medlemsstaterna behörighet att införa olika skyldigheter i fråga om bl.a. interoperabilitet, samt med TSM-förordningens bestämmelser.

8.2 Kompletterande åtgärder som kan vidtas

Som komplement till åtgärderna i avsnitt 8.1 bedömer PTS att det finns ytterligare aktiviteter som kan vara ändamålsenliga att genomföra parallellt med myndighetens föreslagna viktigaste åtgärder.

- Regeringen ger PTS ett långsiktigt uppdrag, eller utökad myndighetsinstruktion, samt finansiering att i löpande verksamhet verka för snabbare införande av IPv6 i Sverige
- Regeringen ger lämplig myndighet, exempelvis DIGG, i uppdrag och finansiering att vidta stödjande åtgärder när den offentliga sektorn (statliga myndigheter, kommuner och regioner) i Sverige ska införa IPv6 i sin IT-infrastruktur
- Regeringen ger PTS ett långsiktigt uppdrag, eller utökad myndighetsinstruktion, samt finansiering för att driva IPv6-forum vidare
- Regeringen ger PTS i uppdrag att utreda potentiella effekter och förutsättningar för att ge internetanvändare rättighet att erhålla publik IP-adress utifrån nationell eller internationell reglering, då en sådan rättighet troligen skulle ha en indirekt påverkan på IPv6-frågan. Som nämns ovan i avsnitt 4 förekommer det att slutanvändare ibland saknar möjlighet begära en publik IP-adress av sin tillhandahållare
- Avslutningsvis rekommenderas att regeringen på ett konsekvent sätt bör inkludera krav på IPv6 i kommande initiativ som har koppling till samhällets digitalisering eller elektroniska kommunikationsnät och elektroniska kommunikationstjänster, exempelvis strategier, agendor, uppdrag eller handlingsplaner

9. Några statusuppdateringar om IPv6-införandet i Sverige sedan det förra uppdraget

I detta avslutande avsnitt redovisar myndigheten några statusuppdateringar om IPv6-införandet sedan det förra IPv6-uppdraget.

9.1 Införandet av IPv6 hos statliga myndigheter, kommuner och regioner baserat på uppgifter från PTS webbtjänst

I enlighet med förra regeringsuppdraget om IPv6 skulle PTS ta fram en webbsida som följde införandet av IPv6 hos statliga myndigheter, kommuner och regioner vilket närmare beskrivs i slutredovisningens⁴⁸ avsnitt 2.3.

PTS lanserade webbtjänsten den 1 september 2020 som benämns ”[IPv6 i offentlig sektor](#)”. Den drivs av en extern webbtjänstleverantör. Webbtjänsten visar status för införandet av IPv6 för de mest grundläggande externa digitala tjänsterna (publik webbplats, e-post och DNS) hos varje enskild statlig förvaltningsmyndighet, kommun och region. I webbtjänsten går det även att hämta ut uppgifter om införandet av IPv6 under vissa angivna tidsintervall.

För en tillbakablick, samt en uppdatering om införandegraden ett år efter förra avrapporteringen, samt hur status är vid inlämnandet av denna redovisning har detta sammanställts i tabellen nedan:

Mätdatum	Statliga förvaltningsmyndigheter (ca 223 st. med egen webbdomän)	Kommuner (290 st.)	Regioner (21 st.)
2021-02-15	53 (23,8 %)	54 (18,6 %)	1 (4,8 %)
2022-02-15	56 (25,1 %)	55 (19,0 %)	1 (4,8 %)
2022-08-29	52 (23,3 %)	48 (16,6 %)	1 (4,8 %)

Det kan noteras att ökningen av införandet inom den offentliga sektorn har varit väldigt blygsam sedan den förra redovisningen.

⁴⁸ PTS-ER-2021:11.

9.2 IPv6 i fasta elektroniska kommunikationsnät baserat på PTS årliga kartläggning

PTS genomför sedan 2017, och publicerar sedan 2019, årliga kartläggningar om fastnätsoperatörernas tillhandahållande av IPv6. Kartläggningen redovisar och följer upp de fasta allmänna elektroniska kommunikationsnätens faktiska stöd för IPv6, tillhandahållarnas eventuella beslut samt skäl för att tillhandahålla, eller att inte tillhandahålla IPv6, samt aktörernas tillgång till IPv4-adresser m.m. på kort och längre sikt.

Den senaste kartläggningen gjordes hösten 2021, och redovisades under våren 2022.⁴⁹ I den konstaterades det inte några större förändringar sedan 2020 års kartläggning och att det även hösten 2021 är en mycket liten andel fastnätskunder som använder internet över IPv6. Privatkunder, företagskunder och grossistkunder (tjänsteleverantörer som tillhandahåller tjänster över någon annans nät) uppges uppskattningsvis använda fast internetanslutningstjänst över IPv6 med 4,5 procent, 5,6 procent respektive 8 procent. Det är låga siffror. Cirka 90 procent av tillhandahållarnas kunder använder fast internet över endast IPv4. Sett till 2020 års kartläggning har IPv6-användningen ökat något, främst vad avser grossistkunderna. 2020 använde 4,2 procent av grossistkunderna s.k. dual stack (dvs. både IPv4 och IPv6), medan hösten 2021 anges 8 procent använda dual stack.

I den senaste kartläggningen framkommer dock en positiv förändring när det gäller andelen aktörer som svarat att de infört stöd för IPv6. Under tre år i rad var det ungefär samma andel om ca en fjärdedel som uppgav att införande av IPv6 kommer att ske under de kommande två åren, utan att den andel som faktiskt har infört IPv6 ökade. I den senaste kartläggningen har andelen som uppgav att de har infört IPv6 ökat med 10 procentenheter.

Vidare framkommer i kartläggningen att i genomsnitt hanterar cirka 40 procent av den aktiva utrustningen i kärnnätet dual stack, vilket innebär att majoriteten av aktörernas aktiva utrustning i kärnnätet endast hanterar IPv4. När det gäller accessnätet hanterar endast knappt 27 procent av utrustningen dual stack, medan drygt 70 procent av den aktiva utrustningen i accessnätet endast hanterar IPv4. Accessnätet har med andra ord dåliga förutsättningar för att kunna hantera IPv6. PTS finner det därmed anmärkningsvärt att endast 40 procent av kärnnätet och endast knappt 27 procent av accessnätet hanterar IPv6.

⁴⁹ [PTS-ER-2022:21](#).

I genomsnitt använder 24 procent av aktörerna adressöversättningsfunktioner (NAT). Det är en ökning med 4 procentenheter jämfört med 2020. Drygt en tredjedel av både operatörerna och tjänsteleverantörerna använder adressöversättningsfunktioner, vilket är en ökning jämfört med 2020.

Det vanligaste skälet till att aktörerna använder adressöversättningsfunktioner för IPv4 är helt enkelt bristen på IPv4-adresser, och att man därför vill/behöver hushålla med publika IPv4-adresser.

9.3 Sverige i jämförelse med ett urval av länder

Det finns flera olika företag och organisationer som mäter och redovisar hur införandet av IPv6 ser ut i världen. En av dessa som det ofta refereras till är APNIC⁵⁰. Nedanstående diagram bygger på data från APNIC och visar att Sverige hamnar på plats 59 i världen⁵¹. Diagrammet redovisar den globala ”topplistan” fram till och med Sveriges placering, och ska således inte förstås som att Sverige ligger sist globalt sett. Den totala listan på APNIC omfattar cirka 240 poster.

Länder som ligger bättre till än Sverige i mätningarna återfinns i stort sett över hela världen.

⁵⁰ Asia Pacific Network Information Centre, Regionalt Internet Registry för Asien och Stilla havsregionen.

⁵¹ <https://stats.labs.apnic.net/ipv6>; siffrorna i diagrammet är hämtade den 8 augusti 2022 och avser det som APNIC redovisar som ”IPv6 preferred”, dessutom har sju poster som avser territorier som inte utgör självständiga stater plockats bort.

