Vision 2030 - Framtidens laddning av elfordon

Ett studentarbete från Umeå universitet i samarbete med BioFuel Region.

Förord

Denna rapport är en del av projektet *Vision 2030* utfört av studenter på Civilingenjörsprogrammet i Energiteknik vid Umeå universitet hösten 2016. Projektet utfördes i kursen *Energitekniskt fördjupningsprojekt* på Institutionen för Tillämpad fysik och elektronik.

Projektgrupp

Jessica Åhlund (PL)
Erik Zäll
Klas Helin
Johan Smedh
Jakob Skarin
Per Gunnarsson
Henrik Näslund
Jonas Stenberg

Uppdragsgivare och handledning - BioFuel Region

Anna Säfvestad Albinsson
Johan Lagrelius

Illustrationerna i rapporten är delfinaniserade av projektet Stolpe in för Stad och Land, via Europeiska regionala utvecklingsfonden.

EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala utvecklingsfonden

Sammanfattning

Andelen laddbilar år 2030 baseras på ett uttalande av Per Kågeson, tidigare huvudsekreterare för Fossilfrihet på väg-utredningen. Kågesson gör gällande att andelen laddbilar av den totala personbilsflottan för Sverige kan vara 30 % (20 % laddhybrider och 10 % elbilar) ifall resurser används på rätt sätt. Med en ojämn fördelning av laddbilar i Sverige idag har detta applicerats för framtiden och antalet laddbilar för Område norr år 2030 har beräknats till cirka 84 000. Med EU:s direktiv på en laddpunkt per tio laddbilar och en fördelning mellan normal-, semi-, och snabbladdare liknande Norges fördelning, har det resulterat i att Område norr borde ha 1015 snabbladdpunkter, 1630 semisnabbpunkter och 5807 normalladdpunkter år 2030. Denna infrastrukturutbyggnad skulle innebära en kostnad på ca 405 Mkr.

Förslag på laddinfrastrukturens utbyggnad har gjorts med snabbladdpunkter i hela Område norr, medan normal-, semi-, och snabbladdpunkter har begränsats till Umeå kommun. Snabbladdpunkterna har placerats utifrån kriteriet att det ska vara maximalt 6-9 mil mellan laddstationerna på de större vägarna för att få en bra täckning och antalet utifrån storleken på trafikflödet.

Om 2030-prognosen uppnås kommer det större antalet laddbilar att öka belastningen på elnätet och dess komponenter. För att undersöka ifall dagens elnät behöver förstärkas eller byggas ut användes data för elanvändningen från fem olika områden. Områdena var villaområde med fjärrvärme, villaområde med eluppvärmning, lägenhetsområde, villaområde på landsbygden och ett centralt stadsområde. Datan som mottogs var transformatorstationens märkeffekt, antal inkopplade abonnenter, kabeltyp från transformatorn till servicebox samt elanvändningen under dagen med högst användning hittills i år. Genom att utifrån antaganden och data beräkna transformator stationens kapacitet och subtrahera elanvändarnas elförbrukning, kunde antalet laddpunkter som kunde placeras i det området beräknas. Utifrån de givna utgående kablarnas storlek ut ur transformatorn, kunde även deras kapacitet beräknas. För att undersöka om störningar från det ökade antalet laddpunkter kommer bli ett problem, kontaktades elbolag som redan har laddpunkter utplacerade på sina nät, ifall de märkt någon ökning av störningar i dessa områden.

Resultatet av undersökningen visade att dagens elnät är överdimensionerat och att det inte skulle krävas någon omfattande utbyggnad av elnätet för att försörja elförbrukningen enligt prognos 2030 och att det inte upplevts finnas några problem i form av störningar hos de elnätsföretag som kontaktats. Sannolikt kommer ett större antal laddpunkter att skapa någon form av störning på nätet och för att avlasta nätet och skapa plats för laddpunkter, är det viktigt att laddpunkter börjar installeras med filter för att motverka detta problem. För att jämna ut effekttoppar på nätet skulle det vara effektivt att implementera smarta elnät i samhället där elproduktion, distribution och konsumtion kommunicerar för att jämna ut laster och därmed effektivisera elanvändningen på nätet.

Nomenklatur

Fras	Beskrivning
Elbil	Bil som endast har elmotor som drivs av batteri
Laddbil	Elbilar och laddhybrider
Laddhybrid	Bil som har en förbränningsmotor samt ett batteri som kan laddas via kabel
Laddpunkt	Uttag/laddkabel för laddning av en laddbil
Laddstation	En eller flera laddpunkter på samma plats
Område Norr	Länen Norrbotten, Västerbotten, Västernorrland samt Jämtland

Innehåll

1. Inledning ... 1
1.1. Syfte och mål ... 1
2. Teori och laddinfrastruktur idag ... 2
2.1 Laddning ... 2
2.1.1 Normalladdning ... 2
2.1.2 Semisnabbladdning ... 2
2.1.3 Snabbladdning ... 2
2.1 Laddbilar och laddare ... 3
2.2 Räckvidd ... 4
3. Prognos ... 4
3.1 Prognos fördelning ... 4
3.1.1 Hänsyn till en ojämn fördelning av laddbilar i landet ... 5
3.1.2 Hänsyn till ojämn fördelning av bilägande i landet ... 5
3.2 Osäkerhetsanalys ... 7
3.3 Prognos övre marginal ... 7
4. Laddinfrastruktur år 2030, Område norr ... 9
4.1 Antal laddpunkter ... 9
4.2 Andel normal-, semisnabb- och snabbladdare ... 10
4.3 Utformning ... 11
4.3.1 Umeå kommun ... 12
4.3.2 Område norr ... 14
4.4 Rimlighetsanalys ... 19
5. Ekonomi ... 19
6. Elnät ... 20
6.1 Svenska elnätet ... 20
6.2 Olika typer av störningar på elnätet ... 20
6.2.1 Elkvalitet ... 20
6.2.2 Spänningsgodhet ... 21
6.2.3 Transienter ... 21
6.2.4 Övertoner ... 21
6.2.5 Flimmer ... 21
6.2.6 Filter ... 21
6.3 Undersökning av störningar på elnätet ... 21
7. Transformatorkapacitet ... 22
7.1 Elkablar ... 27

7.2 Elnätets kapacitet vid uppfylld prognos 31
Referenser 36
Appendix A - Data för områden i Umeå I
Appendix B – Data för området i Åsele II
Appendix C - Kabeldata III
Appendix D – Laddpunkter i Umeå kommun IV
Appendix E - Laddpunkter i Umeå kommun, fortsättning V
Appendix F – Laddfordon och laddpunkter för Jämtland och Västerbotten VI
Appendix G – Laddfordon och laddpunkter för Norrbotten och Västernorrland VII
Appendix H – Snabbladdningspunkter i Jämtland och Västernorrland VIII
Appendix I - Snabbladdningspunkter i Västerbotten och Norrbotten IX

1. Inledning

Den 22 juni 2016 kom Miljömålsberedningen med ett förslag på ett klimatpolitiskt ramverk till regeringen. Det gör gällande att utsläppen för inrikes transport ska sänkas med minst 70 % mellan år 2010 och 2030 (1). Mellan september 2015 och september 2016 ökade antalet laddbilar i Sverige med 87 % vilket resulterade i drygt 23 000 laddbilar vilket beräknas öka till ca 28 000 vid årsskiftet 2016/17 (2) . Om miljömålsberedningens föreslagna utsläppssänkning ska uppnås måste antalet laddfordon fortsätta att öka kraftigt. För att möta denna ökning behöver laddinfrastrukturen fortsatt att byggas ut med fler laddstationer vilket kommer leda till ökade påfrestningar på elnätet.

1.1. Syfte och mål

Syftet med studien är att undersöka hur laddinfrastrukturen bör utformas för att nå Miljömålsberedningens mål år 2030.

Målet är att ta fram en prognos för antalet laddbilar i Område norr 2030. Utifrån denna prognos ska även ett förslag presenteras gällande utformandet av laddinfrastrukturen där störningar och elnät behandlas. En kostnadskalkyl gällande laddinfrastruktur och elnät genomförs även och presenteras.

2. Teori och laddinfrastruktur idag

För att kunna genomföra en prognos undersöks först hur laddinfrastrukturen ser ut i Sverige idag. Under detta avsnitt behandlas statistik och teori gällande läget för laddbilar och laddpunkter idag.

2.1 Laddning

Laddbilens laddning är indelad i tre olika kategorier, dessa kategorier är baserade efter vilken effekt som laddningen sker efter och är beskrivna i kommande avsnitt. Vid laddning finns det fyra olika typer av kontakter, se Figur 1, beroende på typ av bil och laddning. Dessa är mer ingående presenterade under aktuell typ av laddning.

2.1.1 Normalladdning

Detta är den vanligast förekommande typen av laddning och sker på en låg effekt och ofta under en längre tid. Detta innebär att laddningen tar ca 6-8h med en effekt kring 2,3/3,6 kW (10 A respektive 16 A säkring med enfas 230 V). Hemmaladdning räknas in under denna kategori (3).

För normalladdning finns det två olika typer av kontakter (4). Det är Typ 1 och Typ 2. I EU så är Typ 2 (Mennekes) standard och klarar max 70A enfas eller 63A trefas. Typ 1-kontakterna härstammar från USA och är en enfas-kontakt för max 32A.

2.1.2 Semisnabbladdning

Denna laddning tar mellan 30 min och 2 h med en effekt på 11/22 kW. Detta kan vara lämpligt på platser som t.ex. restauranger, shoppingcenter, rastplatser och även i hemmet för laddbilar med större batterikapacitet (4), sevärdheter eller större matvaruaffärer (5).

För semisnabb laddning gäller de kontakter som används för normalladdning vid växelström eller de för snabbladdning vid likström (4).

2.1.3 Snabbladdning

Laddningen tar mellan 20-30 min och vanliga effekter är kring 40/50 kW men fortsätter i vissa fall även högre (3). För privatbilister kommer detta mest användas till avståndsförlängare och som en trygghetsfaktor (6).

För snabbladdning finns det tre olika typer av kontakter, CHAdeMO, CCS och Teslas egen kontakt. CCS är EU-standard och har ett Typ 2-uttag för växelströmsladdning och ett särskilt uttag för snabbladdning med likström. Detta gör att man då kan normal- och snabbladda med samma kontakt på bilen. CHAdeMO är japansk standard och är för snabbladdning med likström och kan ladda upp till en effekt av 100 kW. Tesla har en egen kontakt och egna stationer och kan idag ladda med en effekt på 120 kW men försök görs på 150 kW (4).

Figur 1. Typ av kontakter.

2.1 Laddbilar och laddare

Tillgänglig statistik angående antal elbilar och laddhybrider för Sverige och Område norr har hämtats ifrån Statistiska centralbyrån och presenteras i Tabell 1, Tabell 2 och Tabell 3.

Tabell 1 Antal laddbilar i Område norr och Sverige 2015.

	Sverige	Område norr
Elbilar	4765	276
Laddhybrider	9779	480
Laddbilar	14541	756

Faktorn i Tabell 2 beskriver skillnaden mellan laddbilar per capita för Område norr och för Sverige och är beräknad genom att ta elbilar och laddhybrider per capita för Område norr och dividera dessa med motsvarande siffror för Sverige. Denna faktor används senare vid beräkningar för prognosen.

Tabell 2 Laddbilar per 100 000 invånare 2015 samt faktor.

	Sverige	Område norr
Elbilar per 100000 inv.	48	31
Laddhybrider per 100000 inv.	99	54
	Elbilar	Laddhybrider
Faktor	0,65	0,55

Antal snabbladdningspunkter har beräknats och visas i Tabell 3. Snabbladdare per 1000 elbilar beskriver förhållandet mellan antalet elbilar och snabbladdare idag.

Tabell 3 Förhållande mellan snabbladdpunkter och antal elbilar i Stockholm och Göteborg.

	Stockholm med omnejd	Stockholms kommun	Göteborgs kommun
Elbilar	1110	878	436
Snabbladdningspunkter	36	29	19
Snabbladdare per 1000 elbilar	32	33	44

Eftersom statistiken gällande antal elbilar enbart finns för slutet av 2015 och antalet laddpunkter är ifrån 2016 ger det en viss skillnad som bör tas i beaktande.

2.2 Räckvidd

Räckvidden hos laddbilar anses idag som en begränsande faktor för antalet laddbilar, detta innebär att en väl utbredd laddinfrastruktur krävs för att förbättra möjligheterna. Fördelningen av laddstationer i Sverige är däremot ojämn och merparten av dem finns i södra Sverige (7). Även utomhustemperaturen påverkar räckvidden, vid kall väderlek krävs en större mängd energi till klimatanläggningen vilket även det begränsar körsträckan (8).

3. Prognos

Utgångspunkten för prognosen är att andelen laddbilar av den totala personbilsflottan i hela Sverige år 2030 är 30 % och att fördelningen mellan elbilar och laddhybrider är 10 % respektive 20 %. Detta antagande baseras på ett uttalande av Per Kågeson, tidigare huvudsekreterare för Fossilfrihet på väg-utredningen (9).

I Tabell 2 visas tydligt att det är en ojämn fördelning av laddbilar mellan Sverige och Område norr, sett till laddbilar per capita. Detta innebär att 30 % inte kan antas för Område norr år 2030 utan hänsyn bör tas till en ojämn fördelning i landet.

I detta avsnitt presenteras ett tillvägagångssätt för att ta fram en prognos över antalet elbilar och laddhybrider för Område norr år 2030. Två prognoser, baserade på olika metoder, genomförs för att minska osäkerheter. *Prognos fördelning* är huvudprognosen som baseras på att de skillnader som idag finns mellan Sverige och Område norr, vad gäller laddbilar, är liknande år 2030. En osäkerhetsanalys genomförs även för denna prognos. *Prognos övre marginal* baseras på att den genomsnittliga procentuella ökningen av laddbilar i hela Sverige är den samma som för Område norr. Denna prognos syftar till att förtydliga skillnader mellan olika prognoser, minska osäkerheten och få en övre marginal på antalet laddbilar för Område norr. En överslagsräkning genomförs även för antalet laddbilar per hushåll i Umeå kommun för beräkningar gällande störningar.

3.1 Prognos fördelning

I denna prognos antas den ojämna fördelningen av laddbilar per capita mellan områdena även existera 2030. Även skillnader i bilägandet (bilar per capita) appliceras på prognosen.
Utifrån tillgänglig statistik för antalet bilar och invånare i Sverige 2010 beräknas antalet bilar per capita. Från källor över bilägandets framtid hittas en ökning för bilar per capita med 12 % mellan åren 2010 och 2030. (10) Genom ökningen fås antalet bilar per capita år 2030. Utifrån källor gällande framtidens befolkningsmängd i Sverige 2030, se Tabell 4, fås antalet bilar i trafiken år 2030.

Tabell 4 Befolkning 2030 i Sverige och Område norr.

	Befolkning 2030
Område norr	855400
Sverige	11480303

Utifrån antagandet att 30 % av Sveriges totala personbilsflotta ska bestå av laddbilar år 2030 beräknas antalet el- och laddhybrider, se Tabell 5.

Tabell 5 Antal Elbilar, laddhybrider och totala antalet laddbilar 2030.

	Sverige
Elbilar	591924
Laddhybrider	1183849
Laddbilar	1775773

Genom att dividera antalet el- och laddhybrider med invånare 2030 i Sverige fås antal el- och laddhybrider per capita år 2030, se Tabell 6.

Tabell 6 Antal laddbilar per capita 2030 i Sverige.

	Sverige
Elbilar per capita	0,05156
Laddhybrider per capita	0,10312
Laddbilar per capita	0,15468

3.1.1 Hänsyn till en ojämn fördelning av laddbilar i landet

För att ta hänsyn till den ojämna fördelningen i landet beräknas en faktor fram med hjälp av data ifrån 2015, se Tabell 2. Denna faktor beskriver skillnaden mellan elbilar och laddhybrider per capita för Område norr och för Sverige. Denna faktor fixeras och gäller därför år 2030 varvid den appliceras på antalet laddbilar per capita i Sverige samma år för att få fram antalet laddbilar per capita för Område norr 2030, se Tabell 7.

Tabell 7 Laddbilar per capita i Område norr 2030.

	Område norr
Elbilar per capita	0,0322
Laddhybrider per capita	0,0545
Laddbilar per capita	0,0867

Utifrån detta kan antalet el- och laddhybrider i Område norr beräknas genom att multiplicera med antalet invånare för området 2030, se Tabell 8.

Tabell 8 Laddbilar Område norr 2030.

	Område norr
Elbilar	28456
Laddhybrider	48243
Laddbilar	76698

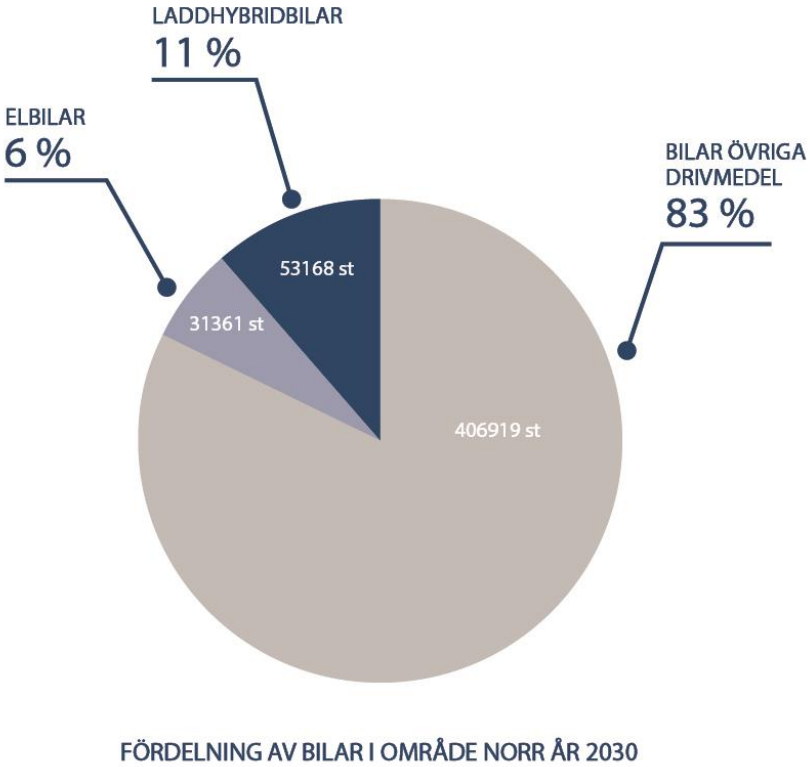
3.1.2 Hänsyn till ojämn fördelning av bilägande i landet

Fördelningen av antalet bilar per capita är olika för olika delar av landet. I tidigare beräkningar har detta inte beaktats utan beräknats utifrån antalet bilar per capita i hela landet. För att ta hänsyn till detta används den missade marginalen som uppstår då bilägandet är större i Område norr än för övriga Sverige. Den missade marginalen multipliceras med 12 % för att representera ökningen mellan åren 2010 och 2030. Utifrån antalet invånare i Område norr 2030 fås den missade marginalen i antal bilar. Från den tidigare beräknade fördelningen av laddbilar och övriga bilar i Område norr fås den missade marginal fram som antalet elbilar och laddhybrider. Tillsammans med tidigare beräknat antal laddbilar fås det totala antalet elbilar och laddhybrider för Område norr, se Tabell 9.

Tabell 9 Totala antalet laddbilar Område norr 2030.

	Område norr
Elbilar	31361
Laddhybrider	53168
Laddbilar	84529

Med värden ifrån Tabell 9 och totala antalet personbilar i Område norr år 2030 fås fördelningen mellan elbilar, laddhybrider och övriga bilar fram och presenteras i Figur 2.



Figur 2 Fördelning mellan elbilar, laddhybrider och övriga bilar för Område norr år 2030.

Som kan ses i Figur 2 är andelen för elbilar och laddhybrider 6,4 % respektive 10,8 %, tillsammans 17,2 %. Vid samma tidpunkt har vi alltså 30 % laddbilar i Sverige och den ojämna fördelningen blir tydligt illustrerad med 12,8 % lägre andel laddbilar i Område norr.

Att ta fram en prognos för laddbilar år 2030 har visat sig svårt då det är väldigt många parametrar som påverkar detta. Eftersom vi utgått ifrån 30 % laddbilar i hela Sverige år 2030 har detta underlättat men det krävs fortfarande en estimering av fördelningen i landet. Det finns många olika anledningar till en ojämn fördelning av laddbilar i Sverige, något man kan säga med säkerhet är att en ojämn fördelning existerar. 2015 fanns det 14541 laddbilar i Sverige varav 756 av dessa fanns i Område norr. För att ta reda på hur fördelningen ser ut i framtiden har vi fokuserat på vad fördelningen beror på och ifall dessa faktorer kommer att ändras fram till 2030.

Det som skiljer Område norr ifrån resterande Sverige är till stor del geografiska skillnader. Bland dessa inkluderas generella avstånd mellan städer och andra destinationer samt klimat. Även andra skillnader, som storlekar på städer, skiljer de bägge områdena åt. Att det förmodligen kommer att fortsätta vara en mindre mängd laddbilar i Område norr beror till största del på begränsningar för laddbilens körsträcka, den är mer optimal att använda då avstånden är kortare. På grund av dess körsträcka blir även laddstationer en begränsande faktor, idag finns merparten av Sveriges laddstationer i landets södra delar. Då det gäller klimatet så är även det till nackdel för Område norr som har ett kallare klimat än södra Sverige. Detta innebär att fordonets klimatanläggning kräver mer energi och minskar således laddbilens räckvidd. Dessa är de faktorer som begränsar användandet av laddbilar för Område norr idag och tycks vara faktorer som även existerar om 15 år. Förhållandet mellan Område norr och Sverige valdes därför att vara liknande den som existerar idag.

För beräkningar gällande störningar har det funnits ett behov av fördelningen av laddbilar i bostadsområden. Med värden ifrån Tabell 9 och statistik gällande personer per hushåll har antal laddbilar per hushåll beräknats och presenteras i Tabell 10 (11).

Tabell 10 Laddbilar per hushåll i Umeå kommun.

	Umeå kommun
Laddbilar per hushåll	0,17

3.2 Osäkerhetsanalys

En osäkerhetsanalys genomförs för att belysa svagheter i *prognos fördelning*. Vid beräkningar av prognosen är förhållandet mellan laddbilar i Sverige och Område norr fixerade fram till 2030. I osäkerhetsanalysen ändras prognosen med ±10 % för att belysa hur detta påverkar antalet laddbilar år 2030, detta kan ses i Tabell 11.

Tabell 11 Antal laddbilar i Område norr med en osäkerhet på 10 %.

-10 %	Antal laddbilar enligt prognos	+10 %
69947	84529	99110

Osäkerhetsanalysen belyser den osäkerhet som finns i prognosen och visar tydligt att resultatet varierar kraftigt med en ändring av faktorn. Som vi ser i Tabell 11 är spannet stort ifall förhållandet ändras och resulterar i ett spann på ungefär 30 000 laddbilar.

3.3 Prognos övre marginal

Denna prognos baseras på att samma procentuella ökning av laddbilar kommer ske i Område norr som för hela Sverige. Ifrån tidigare presenterad data har antalet elbilar och laddhybrider för hela Sverige år 2030 beräknats. Ifrån startvärden, slutvärden och antal år beräknas den årliga procentuella ökningen av elbilar och laddhybrider i Sverige. Denna årliga ökning appliceras sedan på startvärdet för antalet elbilar och laddhybrider i Område norr och resulterar i antalet laddbilar år 2030 vilket kan ses i Tabell 12.

Tabell 12 Antal laddbilar Område norr övre marginal.

	Område norr
Elbilar	34285
Laddhybrider	58127
Laddbilar	92412

Syftet med denna prognos är att få en övre marginal för antalet laddbilar i Område norr 2030. Denna prognos baseras på att den procentuella ökningen av laddbilar i hela Sverige är samma för Område norr,

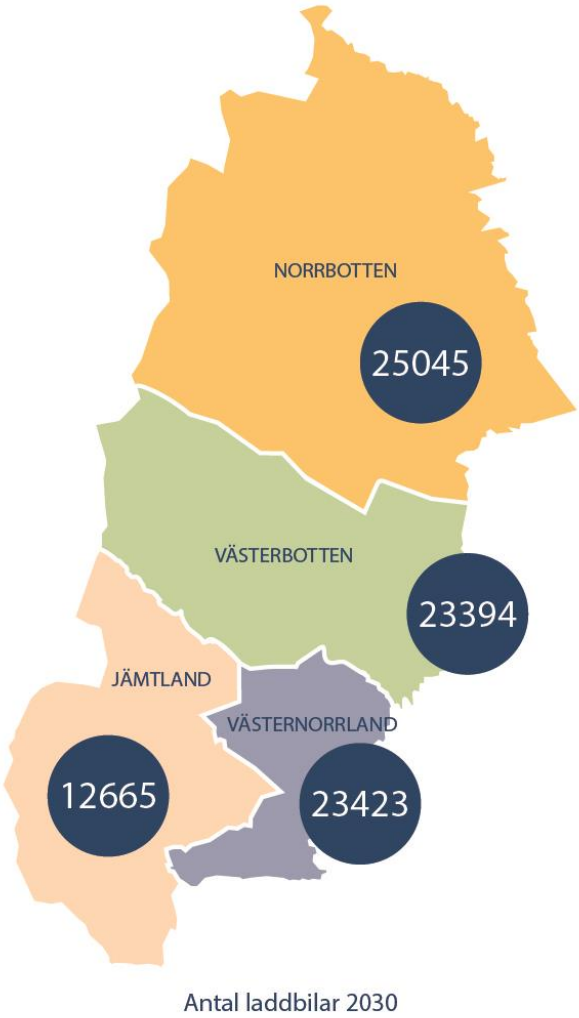
därför anses denna mer optimistisk. Däremot ger det ingen garanti för att det skulle vara den övre gränsen, då försäljningen kan vara högre procentuellt sätt för Område norr än för hela Sverige: Detta speciellt inom de närmsta åren då antalet laddbilar i Område norr är låg och en ökning blir då stor procentuellt.

4. Laddinfrastruktur år 2030, Område norr

Vid arbetet med att göra ett förslag på laddinfrastruktur för 2030 så har det tagits hänsyn till den idag befintliga laddinfrastrukturen. För att lättare få en överblick över hur laddbilarna kommer att vara fördelade inom länen så har en prognos genomförts över hur många laddbilar och därmed laddpunkter det prognosticerat kommer att vara i varje kommun 2030.
Vid utplacering av laddpunkter har det begränsats till två fall. Det första fallet behandlar förslag för uppsättning av normal- semi- och snabbladdare endast i en kommun, som i detta fall valdes till Umeå kommun. Det andra fallet behandlar förslag till uppsättning av snabbladdpunkter till hela Område norr.

4.1 Antal laddpunkter

För att få en uppskattning om hur många laddpunkter som bör finnas i respektive kommun i Område norr genomfördes en analys av hur många laddbilar det prognosticerat kommer att finnas i varje kommun och dess församlingar 2030. För att prognosticera antalet laddbilar per kommun år 2030 antogs det därför att procentandelen av de totala antalet bilar kommer att vara samma som procentandelen av antalet laddbilar i varje kommun. Detta tillsammans med det direktiv EU tog fram år 2014 angående utbyggnaden av infrastruktur för alternativa bränslen. Där det står att finna ett riktmärke för vilket förhållande som bör finnas mellan antal laddbilar och laddpunkter. Detta förhållande innebär att åtminstone en publik laddpunkt bör finnas för 10 laddbilar, då med hänsyn tagen till biltyp, laddningsteknik och tillgängliga privata laddningsstationer (12). Detta innebär att 10 % av laddbilsägarna ska kunna ladda sin bil samtidigt via publika laddplatser. För antal laddpunkter per kommun se appendix F och H, Figur 22, Figur 23, Figur 24 och Figur 25. Adderar vi alla kommuner i länen i Område norr får vi en fördelning av laddbilar per län, vilken visas i Figur 3.



Figur 3 Antal laddbilar per län.

4.2 Andel normal-, semisnabb- och snabbladdare

Fördelningen av olika typer av laddare har till största del baserats på Norges nuvarande laddinfrastruktur gällande publika laddare. (13) Vilket kan ses i
Tabell 13 Norges fördelning av publika laddpunkter.

Tabell 13 Norges fördelning av publika laddpunkter.

Fördelning, Norge	Andel [%]
Normalladdning	78
Semisnabbladdning	10
Snabbladdning	12

Hänsyn har även tagits till ett annorlunda framtida behov. Med en större laddbilsflotta och större batterikapacitet tar laddningen längre tid och behovet av semi- och snabbladdare kommer att öka och behovet av publika normalladdare minska i sitt förhållande. Eftersom kostnadsskillnaden är liten mellan

normalladdare och semiladdare jämfört med den dyra snabbladdaren är det de förhållandet som har ändrats något, se Tabell 14.

Tabell 14 Andel normal-, semi- och snabbladdare.

Fördelning, Område norr	Andel [%]
Normalladdning	69
Semisnabbladdning	19
Snabbladdning	12

Utifrån fördelningen i Tabell 14 och antal laddbilar i varje län som kan ses i Figur 3 kan då antalet normal-, semi- och snabbladdare beräknas och visas i Tabell 15. Antalet laddningspunkter står för förslagen laddinfrastruktur och innebär totala antalet laddpunkter, i dessa inkluderas alltså de redan existerande samt de nya som bör etableras.

Tabell 15 Antal och typ av laddning för länen i Område norr.

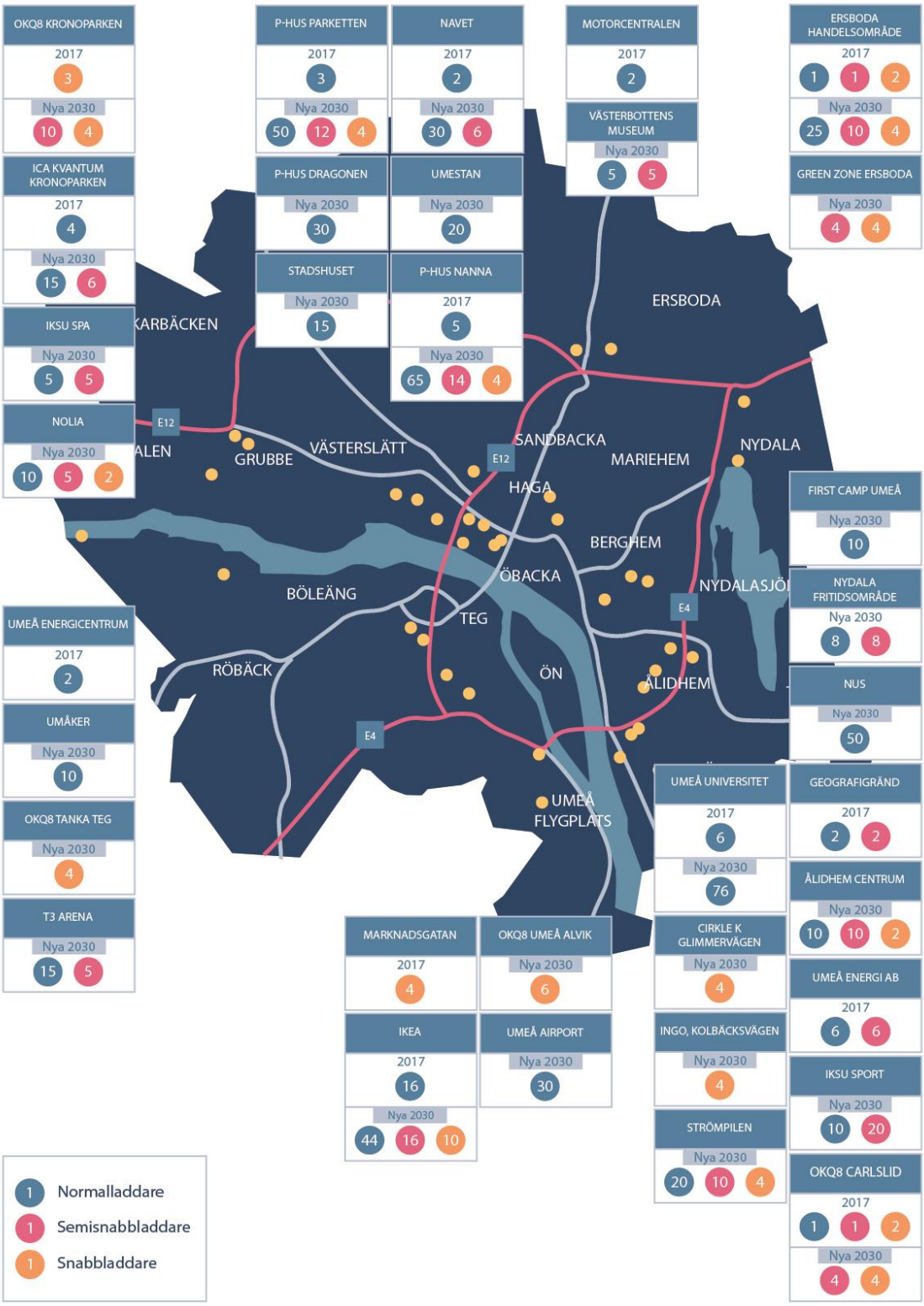
	Jämtland	Västernorrland	Västerbotten	Norrbotten
Normalladdning	870	1609	1607	1721
Semisnabbladdning	244	452	451	483
Snabbladdning	152	281	281	301

4.3 Utformning

Vid utplaceringen av laddpunkter har det tagits hänsyn till en prioriteringsordning som Svensk Energi tagit fram (14). Enligt denna prioriteringsordning ska först laddpunktsutbyggnaden prioriteras i parkeringshus och centrala lägen för att underlätta för befintliga användare och skapa uppmärksamhet. Efter det anser dem att företagsparkeringar och privata parkeringsplatser ska prioriteras. Gällande snabbladdpunkter anser de att deras placering ska prioriteras till bensinstationer och längs med motorvägar (14). Vid utplacering av snabbladdpunkter är det viktigt att de etableras på vägar där det kör mycket trafik och där laddbilar kör, det anses därför motiverat att börja denna utbyggnad vid motorvägar/stora vägar och i storstäder (6).

4.3.1 Umeå kommun

Vid utplacering av laddpunkter för Umeå kommun har det utgåtts ifrån en klusterstruktur. Detta innebär att man inom tätorten placerar ut en mix av normal-, semi- och snabbladdare som ett kluster. Vilket ska göra det lätt för fordon som kör längre sträckor inom städerna att köra helt på el. Man kan även utforma enligt en korridorstruktur, denna typ av struktur utgår från transportsträckor. I detta fall har en kombination av de två strukturerna använts för att öka räckvidden och således låta de som är genomresande genom Umeå ta del av laddarna byggda i klusterstrukturen, genom att bygga dem i nära anslutning till genomfartsleder. För exakta placeringar och antal av laddpunkter på dessa platser se appendix D och E, Figur 20 och Figur 21.



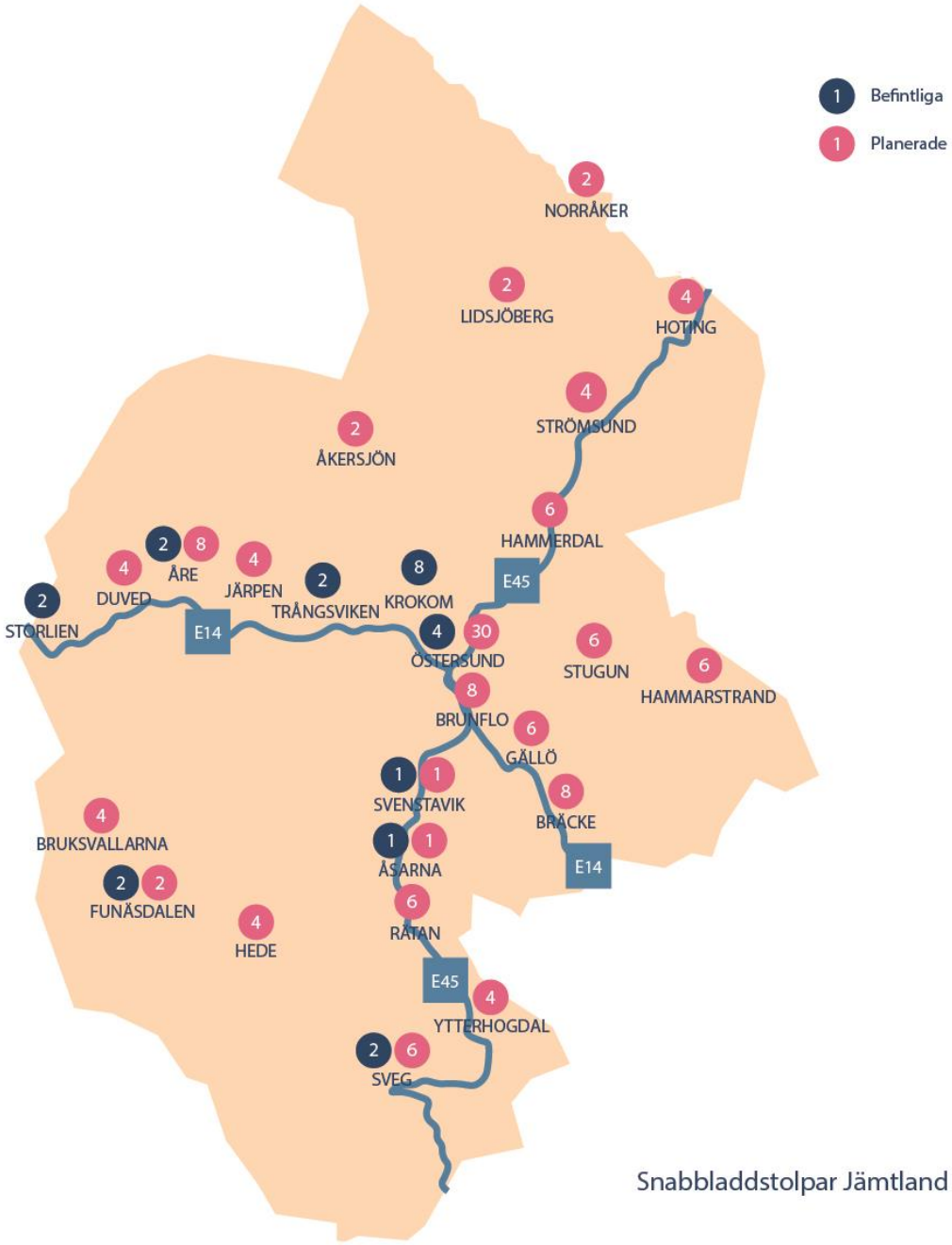
Utplaceringen har även till stor del baserats på var laddpunkter finns idag, i syfte att öka antalet för dessa, samt var behovet kommer att finnas år 2030. Då det gäller snabbladdning har fokus varit E4:an som går genom Umeå och att placera ut dem kring bensinstationer. Anledningen till att snabbladdpunkter främst har placerats på bensinstationer är för att underlätta etableringen samt att

dessa i de flesta fall används för destinationsförlängare och bör därför finnas längst större vägar. Normalladdare har placerats ut på platser där man stannar under en längre tid och semisnabbladdare vid platser som till exempel köpcentrum och idrottsanläggningar, detta för att matcha laddningstiden för respektive laddning med tiden man uppehåller sig på platsen.

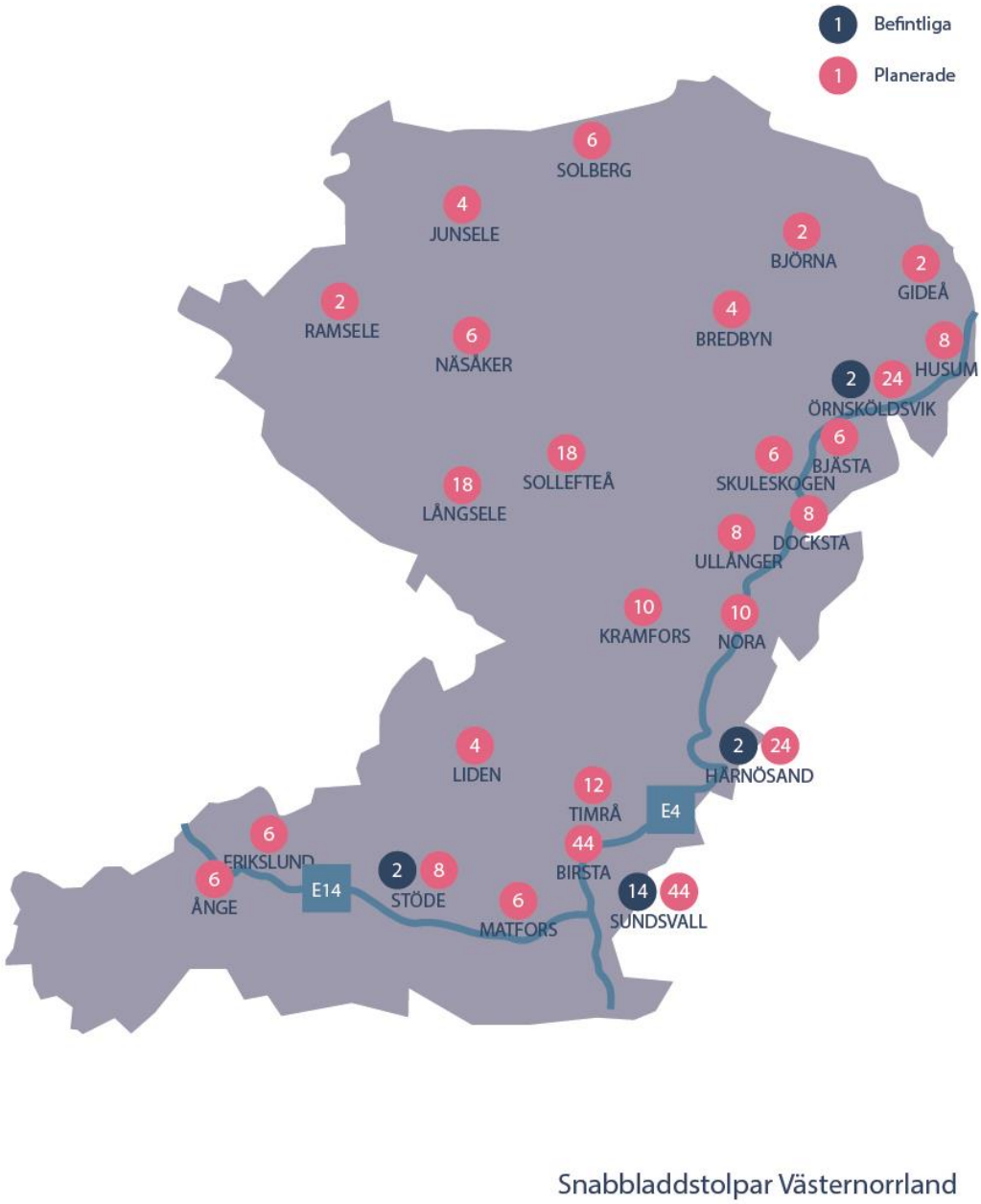
4.3.2 Område norr

Vid utformning av snabbladdningsinfrastruktur i Område norr har det utgåtts ifrån den så kallade korridorstrukturen. Denna typ av struktur utgår från transportsträckor mellan till exempel städer och att man där placerar ut snabbladdningsstationer på ett avstånd som upprätthåller god flexibilitet, vilket uppskattas vara 6-9 mil (5). Utplacering av laddpunkter bör även ske utifrån trafikströmmar, antal elfordon i trafik och befintliga snabbladdare (15). Trafikflöden är något som trafikverket mäter per dygn och kan enkelt avläsas i deras karttjänster (16). Vid utplacering av snabbladdare för Område norr arbetas det efter denna metod och framförallt avståndet mellan snabbladdarna samt trafikflöden. För exakta placeringar och antal laddpunkter på dessa platser se appendix F och G, Figur 22, Figur 23, Figur 24 och Figur 25.

Utifrån antal snabbladdare och korridorstrukturen har snabbladdningspunkter placerats ut och kan ses i Figur 4, Figur 5, Figur 6 och Figur 7. Grön text står för redan etablerade punkter och röd text markerar förslag för etablering, siffrorna innan texten anger antal laddpunkter.



Figur 4 Förslag på laddningsinfrastruktur för snabbladdare i Jämtland.



Figur 5 Förslag på laddningsinfrastruktur för snabbladdare i Västernorrland.

Figur 6 Förslag på laddningsinfrastruktur för snabbladdare i Västerbotten.

Figur 7 Förslag på laddningsinfrastruktur för snabbladdare i Norrbotten.

Vid utplacering av snabbladdare i Område norr har det max varit 9 mil mellan laddningspunkterna och på de vägar med stora trafikflöden har det ibland även varit ett mindre avstånd. Detta har gett en bra spridning på laddningspunkterna i Område norr. Att etablera laddningspunkter ut med trafikerade vägar med ett visst maxavstånd, utifrån korridorstrukturen, har även lett till att vissa mindre orter har fått ett högre antal snabbladdare än vad invånarantalet hade inneburit. Men de har i de allra flesta fall bara placerats ut på orter där det idag finns bensinstationer. Vi tror att detta är en bra strategi för Område norr eftersom det generellt sett är längre avstånd mellan större städer och därmed innebär snabbladdare med mindre avstånd längst vägarna en bra trygghet. För att bestämma antalet snabbladdningspunkter som har placerats ut på vart och ett av dessa ställen har det utgåtts ifrån hur stora trafikströmmarna är på dessa vägar. På de ställen som har hög turistnäring har vi även hänsyn tagits till detta och placerat ut fler laddningspunkter. Vi har inte gått in på detalj var i städerna snabbladdarna kommer att placeras utan bara vilka städer vi anser det lämpligt att placera dessa i.

4.4 Rimlighetsanalys

En rimlighetsanalys genomfördes gällande antal snabbladdare som är prognosticerade för 2030. Denna baserades på snabbladdare per elbil, då det främst är elbilar som nyttjar snabbladdning. Utifrån idag tillgänglig data och statistik beräknades antal snabbladdare per elbilar fram i större svenska städer se Tabell 2. Denna jämfördes sedan med antal snabbladdare per elbilar för områden och städer i Område norr år 2030, vilka visas i Tabell 16.

Tabell 16 Rimlighetsanalys för Område norr år 2030, baserat på snabbladdare per 1000 elbilar.

	Område norr	Umeå kommun	Luleå kommun
Snabbladdare	1015	112	83
Elbilar	31361	3461	2561
Snabbladdare / 1000 elbilar	32	32	32

Antalet snabbladdare per 1000 elbilar enligt prognosen blir 32 stycken. För större städer och områden idag hittas liknande siffror. Antal snabbladdare per 1000 elbilar för dessa områden är idag 32-44 stycken och motsvarar en liknande laddinfrastruktur som den för Område norr.

5. Ekonomi

En laddstation kan innefatta en eller flera laddpunkter. Med en laddpunkt avses ett uttag/laddkabel där en bil kan laddas. Då flera laddpunkter byggs på samma ställe kan vissa kostnader kapas för övriga laddpunkter på samma ställe. Därför dras en sjättedel av kostanden av för fortsatta punkter. Priser och antaganden kommer ifrån beställaren, vilka visas i Tabell 17.

Tabell 17 Kostnader för normal-, semi- och snabbladdare.

	Normalladdare [SEK]	Semi-snabbladdare [SEK]	Snabbladdare [SEK]
Första etableringspunkt	10000	20000	400000
Fortsatta punkter	8333	16667	333333

Med värden ifrån Tabell 17 och antal laddpunkter för Område norr beräknades kostnader för respektive laddning och dess gemensamma kostnad för hela laddinfrastrukturen. I dessa beräkningar ingår stations-, installations- och grävningskostnader. Kostnaderna står att finna i

Tabell 18 och är benämnda i miljoner kronor.

Tabell 18. Kostnader för laddinfrastruktursförslaget för Område norr år 2030.

	Kostnad [MSEK]
Normalladdare	48
Semiladdare	26
Snabbladdare	331
Totalt	405

Den totala kostnaden för laddinfrastrukturen blir kring 405 miljoner kronor. Det bör däremot tas i beaktande att detta värde är en estimerad kostnad, redan idag finns olika priser för olika laddare och dessa bör rimligen även ändras under de kommande 15 åren. Beräkningarna är baserade på de nya laddpunkter som bör etableras enligt förslaget och innefattar alltså inte de redan etablerade punkterna.

6. Elnät

I följande avsnitt kommer påverkan på elnätet vid uppfylld prognos, samt dess kapacitet att undersökas. I den första delen presenteras en kort bakgrund om det svenska elnätet och de olika störningstyperna som kan bildas på elnätet, följt av en undersökning av det svenska elnätets kapacitet. I denna undersökning behandlas elnätsstörningar, transformatorkapacitet, kabelkapacitet samt en undersökning av hur några elområden kommer klara av den laddinfrastruktur som prognosen förutspår. Varje del innehåller teorin bakom området, en metod på hur undersökningen genomfördes, resultatet som erhölls samt en redogörelse för vad resultatet säger och en diskussion runt detta.

6.1 Svenska elnätet

Det svenska elnätet började byggas upp i början av 1900-talet och sträcker sig idag över en sträcka på 48200 mil (17). Nätet delas upp i tre delar: stamnät, regionnät och lokalnät. Stamnätet är den del av elnätet som överför elektriciteten med hjälp av kraftiga högspänningsledningar från de stora elproducenterna. Här är spänningen antingen 220 eller 400 kV. Från stamnätet går elen vidare till regionnäten via transformator- och kopplingsstationer som sänker spänningen till 130-20 kV. Sedan går elen vidare till lokalnätet, här är elen nertransformerad till 70-10 kV. Denna el går antingen direkt till större elanvändare såsom industrier och sjukhus eller transformeras den ner en sista gång i fördelningsstationer till 400/230 V innan den går ut till lågspänningskunder såsom hushåll och kontor.

De svenska elnäten dimensionerades upp under 70-talet då oljekrisen bröt ut (18). De svenska hushållen bytte till elvärme och man antog att den värmekällan skulle vara dominerande även i framtiden. Därför dimensionerade man upp elnätet så det skulle klara av en ständigt ökande elanvändning. När nya värmekällor såsom fjärrvärme och värmepumpar kom in på marknaden sjönk elbehovet, vilket idag innebär ett elnät med stor överkapacitet. Störst är kapaciteten längst ut på nätet där osäkerheten på elanvändningen är högst och därigenom högst överdimensionerad.

6.2 Olika typer av störningar på elnätet

I samband med laddning av laddfordon uppstår det relativt lätt störningar på elnätet, dessa störningar kan orsaka skador på komponenter inkopplade på elnätet. Vad dessa störningar är, hur de uppkommer, samt vad som bör göras för att motverka dem kommer diskuteras i detta avsnitt.

6.2.1 Elkvalitet

Med begreppet elkvalitet menas "elektricitetens förmåga att tillfredsställa användarbehoven". Detta innefattar både kontinuitet på elleveransen och den tekniska kvaliteten på elen och är lagstadgad enligt ellagen SFS 1997:857, 3 kap 9§ (19). För att uppnå god kontinuitet måste elavbrotten begränsas. Detta för att kunden ska kunna förlita sig på tillgängligheten. För att elen ska uppnå kraven på den tekniska kvaliteten måste störningarna på elnätet begränsas.

De stora begreppen man pratar om då är spänningsgodhet, transienter och övertoner. Dessa begrepp kommer att förklaras mer ingående nedan (20).

6.2.2 Spänningsgodhet

Med spänningsgodhet menas att spänningen både ska hålla rätt amplitud och frekvens, detta är tätt förknippat med att elnätet ska hålla en god effektbalans, det vill säga att produktionen och användningen ska vara lika. Vid fall då amplituden blir för låg kallas det underspänning och vid för hög överspänning. Gränserna som gäller för amplituden på spänningen i Sverige är ±10 % av spänningens effektivvärde, vilket motsvarar 207 V och 253 V vid leveranspunkten ut till kund. Frekvensen ska i det svenska elnätet ligga på 50 Hz med en tillåten avvikelse på ±0,1 Hz. Problem med spänningsgodhet uppstår främst då stora laster kopplas in eller ur på nätet, det vill säga stora effektuttag vid exempelvis snabbladdning av flera fordon samtidig och stora effektinsättningar som vid ökande vindkraftsproduktion (20).

6.2.3 Transienter

Transienter är en störning tätt kopplat till överspänningar. Det är en mycket snabbt övergående förändring på amplituden hos spänningen. Det är alltså en överspänning fast med högre amplitud och kortade tidsintervall och det visar sig som en spik i den vanligtvis harmoniska sinusvarierande spänningen. Det är vanligt att transienter uppstår vid blixtnedslag och kan då orsaka transienter hos abonnenter långt ifrån själva nedslaget medan mer lokala transienter kan uppstå av så enkla saker som av- och påslagning av belysning i hemmet (20).

6.2.4 Övertoner

Övertoner är heltalsmultiplar av grundfrekvensen som i Sverige ligger på 50 Hz, vilket betyder att andra övertonen är 100 Hz och tredje övertonen är 150 Hz (21). Övertoner uppkommer på grund av olinjära laster som är vanligt förekommande i modern elektrisk utrustning såsom likriktare, persondatorer och lågenergilampor (22). Dessa övertoner förvränger den sinusformade växelströmskurvan vilket resulterar i ökade förluster, störningar och försämrad verkningsgrad. Övertonerna kan delas upp i strömövertoner och spänningsövertoner, där strömövertoner vandrar upp genom nätet till närmsta transformator medan spänningsövertoner påverkar de närmaste lasterna (23). De främsta metoderna för att motverka övertoner är med hjälp av installation av aktiva och passiva filter (21). Detta sker i planeringsfasen vilket betyder att det ofta inte uppkommer otillåtna övertoner på nätet.

6.2.5 Flimmer

Flimmer är väldigt snabba förändringar hos amplituden på spänningen och orsakas av snabba förändringar i last eller insättning på elnätet. Detta uppstår vid en frekvens lägre än 50 Hz (22). Störningen kan sprida sig till stora områden kring störningskällan och visas sig i form av ljusflimmer från belysning. Det är den reaktiva effekten som ofta är grund för flimret, vilket betyder att kondensatorer kan användas för att reducera flimmer.

6.2.6 Filter

Det finns aktiva och passiva filter som båda används för att motverka övertoner. De passiva filtren är uppbyggda av passiva komponenter såsom resistorer, spolar och kondensatorer vilka filtrerar övertoner väldigt bra på en viss frekvens (22). De aktiva filtren genererar i sig själva övertoner i motfas till nätet för att motverka de genererade övertonerna från apparaterna, vilket neutraliserar de skadliga övertonerna.

6.3 Undersökning av störningar på elnätet

I samband med ett besök hos Jan-Åke Olofsson, adjunkt i elnät och elektronik vid Umeå universitet, diskuterades även hur vi skulle gå till väga gällande elnätsstörningar. Efter inrådan från honom valdes att inte gå in djupare på beräkningar och simuleringar gällande elnätsstörningar. Detta då sådana beräkningar är relativt avancerade och svåra att utföra. Den metod som istället valdes var att kontakta olika elbolag och fråga om hur de upplever störningar på elnätet i samband med laddbilar.

Vid samtal med flertalet elbolag i Område norr säger de att de inte märkt av några störningar på elnätet, som de kan koppla till laddning av elfordon, som överskrider de normer som finns i dagsläget. Samtliga av elbolagen som kontaktas har haft Tesla Superchargers anslutna till sina respektive elnät, vilket innebär relativt stora laddpunkter på 120 kW styck. Dessa är oftast utplacerade i grupper och 4, 6 eller 8 stycken vilket gör att maxeffekten kan uppgå till mellan 500-1000 kW vid en laddstation.

Gävle Energi som var ett av elbolagen som kontaktades, uttryckte sig positiva till laddinfrastrukturens framtid i Norrland, de tror att de kommer få högre krav på sig från myndigheter gällande elkvalitet (24). De har i dagsläget inte märkt av några störningar till följd av elbilsladdning, de har dock planer på att utöka sin övervakning av elstörningar för att kunna säkerställa god leverans ut till kund. Jämtkraft som äger stora delar av elnätet i Jämtland med relativt välutbyggd laddinfrastruktur säger att de inte upplevt några störningar som bryter mot de rådande normerna (25). De tror att så länge tillverkarna av laddutrustning sköter sig med installation av filter kommer elnätet att klara sig långt in i framtiden. Detta då de säger sig ha ett överdimensionerat elnät som bör klara av effektökningen som kommer med ökad elbilsflotta. De nämner även att att problem kan uppstå vid stor utbyggnad av enfasladdare, då det vid fel planering av installationerna kan leda till ojämn last över faserna vilket i sin tur kan leda till förluster i elnätet, de påpekade dock att risken för detta är liten. Även Umeå Energi kontaktades och de hade ungefär samma erfarenheter som tidigare nämnda bolag, det vill säga inga problem med störningar från elbilsladdning (26). En skillnad var att de har haft problem med övertoner i anslutning till två elbussladdare, dessa med effekter på upp till 1000 kW. Detta problem planerar man lösa med installation av filter och de var inte speciellt oroade kring detta.

Enligt samtliga företag som kontaktades upplevdes inget problem i form av störningar som överskrider de normer som finns i dagsläget i samband med de laddpunkter de hade utplacerat i nätet. Detta beror sannolikt på att de övertoner som skapas från de laddpunkter med låg effekt som finns idag inte har någon större inverkan på elnätet på grund av att de inte är tillräckligt många, men om antalet ökar skulle detta kunna bli ett problem. Som Jämtkrafts elnätsansvarige nämnde kan dock eventuella problem i framtiden avhjälpas om tillverkarna och leverantörerna av laddutrustning installerar filter i sina produkter. Gävle energi nämnde också att de tror att kraven kommer skärpas från myndigheter gällande elkvaliteten, vilket vi tror kommer att tvinga tillverkarna av laddutrustning att sätta in filter i sina produkter. Detta skulle då innebära att elnäten klarar sig längre innan de behöver bytas ut. Tesla Motors som är ett av de ledande företagen inom laddstolpar verkar redan ha löst sitt problem med övertoner. Vi kontaktade företaget och försökte få ut lite information om hur de löst problemet, men de ville inte avslöja något om deras tekniska lösningar. Ett rimligt antagande är att de använder passiva och/eller aktiva filter för att lösa detta problem och skulle samtliga företag som tillverkar laddutrustning följa deras exempel skulle förmodligen elnätet ha mycket få problem med störningar från laddpunkter. En uppgradering av elnätet som vi anser har stor potential är smarta elnät. Förmågan att kunna styra vid vilka tidpunkter som laster ska kopplas in kommer att kunna ta ner effekttoppar och ge en jämnare elanvändning under dygnet.

7. Transformatorkapacitet

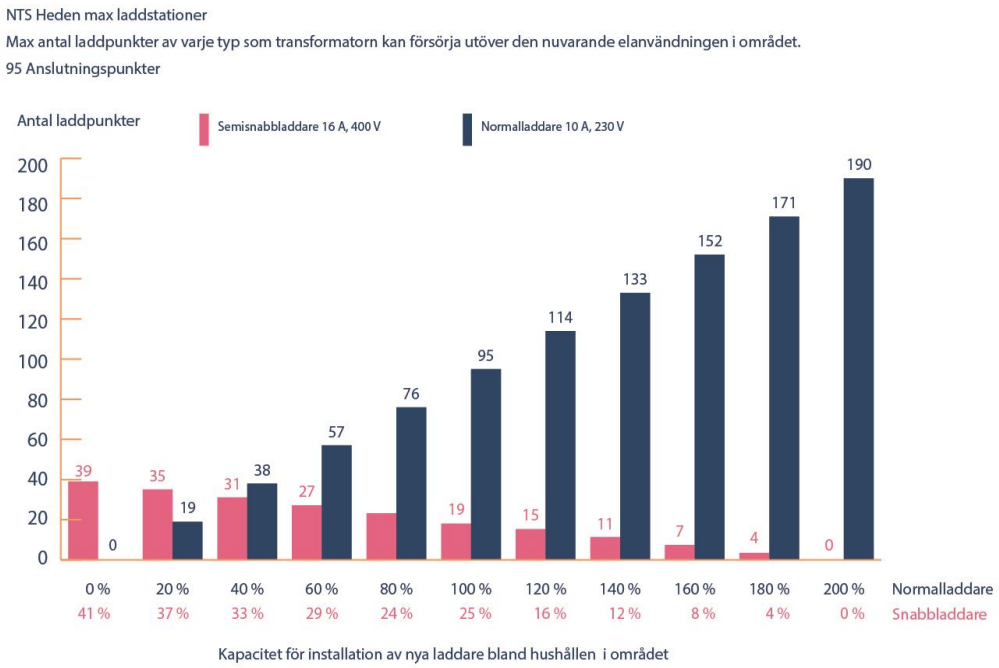
För att se hur elnätet i Område norr klarar av en ökning av laddning med laddbilar behövdes ett flertal beräkningar göras. Detta innefattar transformatorkapacitet och kablarnas dimensioner, hur många som kan ladda samtidigt, samt vilken typ av laddning som kan antas vara aktuell i olika områden. Genom att ta kontakt med flertalet elbolag i Norrland kunde eldata för olika områden i olika städer erhållas. Med hjälp av data från Umeå Energi och Åsele kraft kunde fyra områden i Umeå och ett villaområde i Åsele undersökas. Områdena i Umeå var två villaområden, ett lägenhetsområde samt ett område i centrum. Datan som mottogs var medeleffekten per timme vid olika transformatorstationer vid dagar med maxförbrukning hittills under 2016, märkeffekt på transformatorn, antal abonnenter samt kabeltyper ut ur transformator.

Varje transformator har en märkeffekt som inte ska överskridas i längre perioder och den kan därför ses som transformatorstationens maxgräns. Med erhållen data över den största medeleffekt per timme under 2016 för varje område och märkeffekt för försörjande transformator, kan den tillgängliga medeleffekten beräknas. Detta genom att räkna om skenbar effekt för transformatorstationen till aktiv effekt och subtrahera den största medeleffekten för året. Med den tillgängliga medeleffekten har olika scenarion tagits fram för att se hur många laddstationer som varje område maximalt klarar av att försörja vid samtidig användning. Här antas också att batterierna är helt urladdade för att laddpunkten ska kunna köras på full effekt.

Beroende på vilket område som har undersökts, har olika typer av laddning valts. I bostadsområden valdes två laddtyper, 10 A, 230 V och 16 A, 400 V. Vi valde 10 A, 230 V på grund av att det är samma effekt som ett vanligt uttag i hemmet och 16 A, 400 V för att vi antar i framtiden att alla laddbilarna har möjlighet att ladda från trefas eller trefasanslutning. Detta gör det möjligt för laddbilsägaren att ladda snabbare. I stadsområdet valdes det att beräkna med tre olika laddtyper, 32 A och 400 V samt 63 A och 400 V och Tesla Supercharger med en effekt på 120 kW. Detta på grund av att vi antar att det främst är snabbladdning som är intressant i detta område då det är ett stadsområde där bilar står parkerade under kortare tidsperioder.

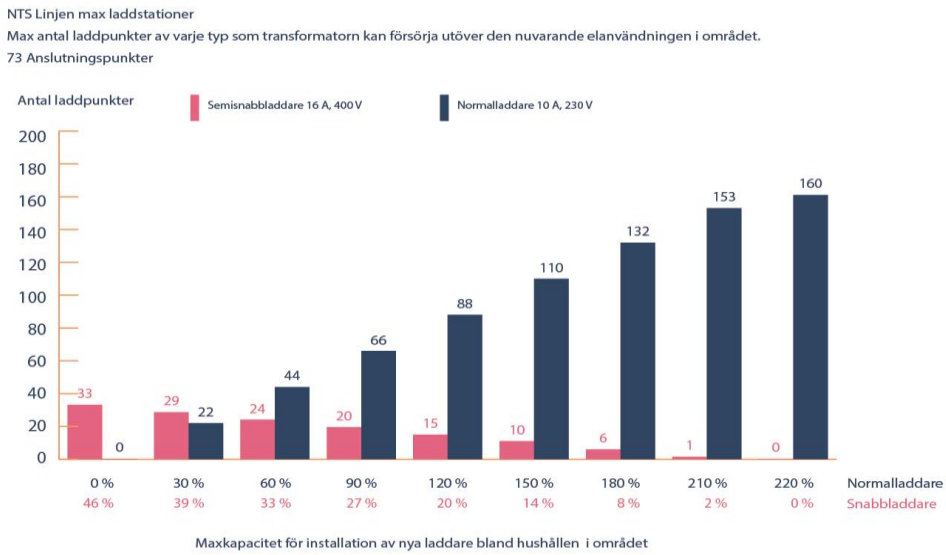
Figurerna i detta avsnitt visar maximala antalet och andelen laddpunkter av varje typ som varje transformator klarar av. Antal eller andel adderas ihop med varandra och den maximala summan av de båda typerna begränsas av linjen, som är transformatorns tillgängliga effekt. För att förtydliga hur dessa figurer ska utläsas visas två exempel. Om 100 normalladdare installeras i Figur 8, kan även 17 semisnabbladdare installeras på samma område. Om 100 % av hushållen installerar normalladdare i Figur 9 kan även 20 % av hushållen installera semisnabbladdare också.

I Figur 8 presenteras resultatet av beräkningarna för villaområdet Heden i Umeå. Det är ett villaområde som använder fjärrvärme som uppvärmning och försörjs med en 800 kVA transformatorstation till 95 abonnenter.



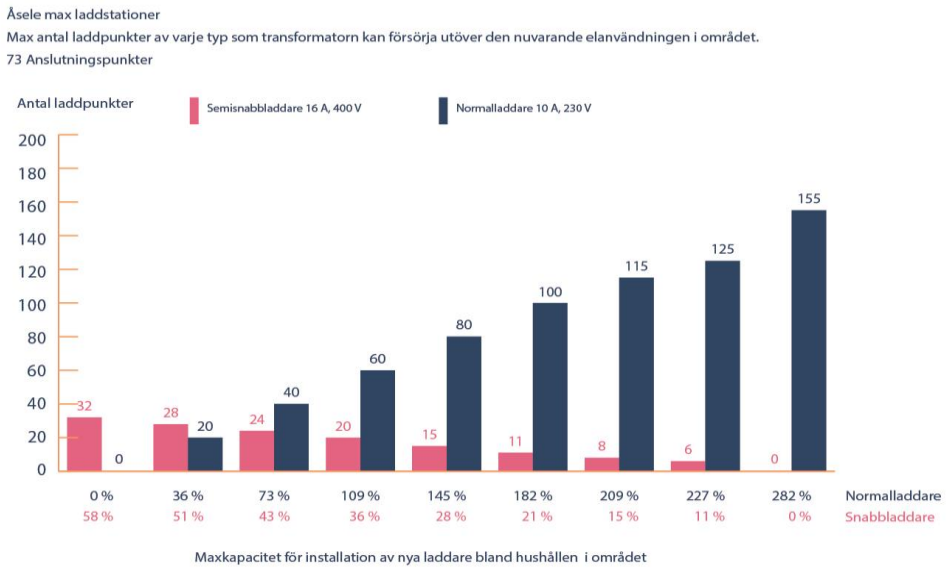
Figur 8: Antal semisnabbladdare och normalladdare som kan installeras i området Heden. Kurvan visar maximal installation av båda laddtyperna och begränsas av transformatorns tillgängliga effekt.

I Figur 9 visas kapaciteten för området Linjen i Umeå. Det är ett villaområde som försörjs med en 800 kVA transformatorstation till 73 abonnenter.



Figur 9: Antal semisnabbladdare och normalladdare som kan installeras i området Linjen. Kurvan visar maximal installation av båda laddtyperna och begränsas av transformatorns tillgängliga effekt.

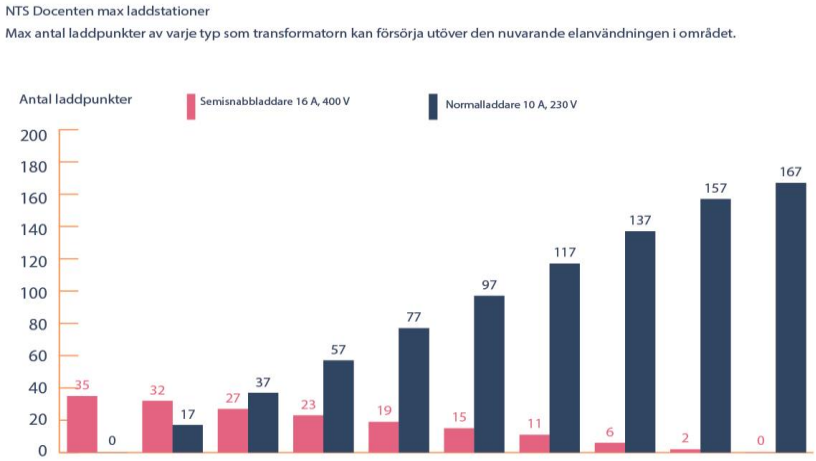
I Figur 10 visas kapaciteten för ett villaområde i Åsele som använder fjärrvärme som uppvärmning. Området försörjs med en 500 kVA transformatorstation till 55 abonnenter.



Figur 10: Antal semisnabbladdare och normalladdare som kan installeras i villaområdet i Åsele. Kurvan visar maximal installation av båda laddtyperna och begränsas av transformatorns tillgängliga effekt.

Det vi kan se i området Heden och Linjen är att det klarar av ungefär dubbelt så många 400-voltsladdare eller nio gånger så många enfasladdare som visionen visar. Villaområdet i Åsele klarar av ungefär tre gånger så många 400-voltsladdare eller 13 gånger så många 240-voltsladdare. Enligt detta kan vi se att dagens elnät för dessa villaområden är överdimensionerat och inte behövs förstärkas fram till 2030.

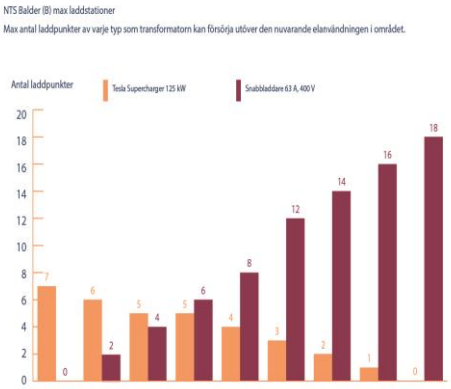
I Figur 11 visas kapaciteten för Docenten, vilket är ett lägenhetsområde i Umeå som försörjs av en 800 kVA transformator. Intill lägenhetsbyggnaderna ligger en stor parkering med ca 240 platser och eftersom antalet boenden på området inte är specificerat, visas istället hur många laddpunkter som skulle kunna placeras på parkeringen.



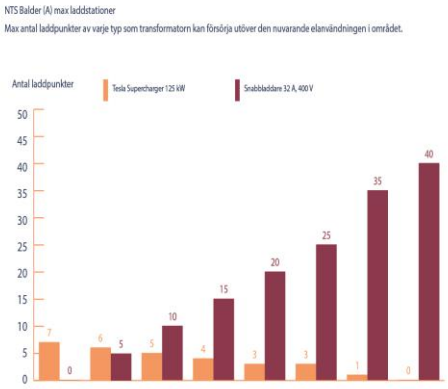
Figur 11: Antal semisnabbladdare och normalladdare som kan installeras i området Docenten. Kurvan visar maximal installation av båda laddtyperna och begränsas av transformatorns tillgängliga effekt.

I Figur 11 ser vi att det finns god kapacitet att placera ut laddpunkter på parkeringsplatserna. Den visar att 35 st semisnabbladdare, vilket motsvarar ungefär 15 % av parkeringsplatserna och prognosen har beräknat att 17 % av bilarna i Område norr skulle vara elbilar. Vi ser även att området har kapacitet att installera ungefär 170 st normalladdare, vilket är ungefär 4 gånger så många enfasladdare som prognosen förutspår.

I Figur 12 och Figur 13 visas kapaciteten för Balder som är ett centralt stadsområde i Umeå, med två 800 kVA transformatorstationer. Här testades endast snabbladdare och Tesla superchargers för att se hur ett område med enbart sådana skulle påverkas. Det är mer sannolikt att ett område i centrum även har lite normalladdare och semisnabbladdare, men för att testa hur elnätet påverkas av många snabbladdare valdes endast dessa typer här.



Figur 12: Antal laddpunkter av typerna 63 A snabbladdare och Tesla Superchargers som kan installeras i området Balder. Kurvan visar maximal installation av båda laddtyperna och begränsas av transformatorns tillgängliga effekt.



Figur 13: Antal laddpunkter av typerna 32 A snabbladdare och 63 A snabbladdare som går att installera i området Balder. Kurvan visar maximal installation av båda laddtyperna och begränsas av transformatorns tillgängliga effekt.

I Figur 12 och Figur 13 ser vi att det finns utrymme för ca sju Tesla superchargers och 20-40 snabbladdare beroende på effekt. Det är mer än tillräckligt för ett centralt område, där egentligen blandningen skulle vara flera normalladdare och semisnabbladdare. Vi kan dra slutsatsen att elnätet inte behöver byggas ut fram till 2030 för att kapaciteten hos transformatorer i alla områden klarar av det antal laddpunkter som prognosen förutsäger.

7.1 Elkablar

Avsnitt 7. Transformatorkapacitet beskriver endast transformatorns kapacitet. För att vara säker på att elnätet mellan transformatorn och elanvändare klarar av att leverera så mycket effekt som transformatorn tillför, måste även kablarnas maximala strömöverföringsförmåga tas i beaktning. Om ett större antal laddpunkter installeras i ett område kommer strömmen som levereras till området att öka. Detta innebär att det går mer ström genom varje kabel och om ett område har för lågt dimensionerade kablar kommer dessa att överbalstas, vilket är ett problem. Om en kabel överbelastas blir slitaget på den betydligt större, temperaturen i den blir hög och isoleringen riskerar att smälta, vilket skapar kortslutning. För att undvika att detta händer får inte kablarna leda mer ström än de är konstruerade för. För att undersöka om kablarna kan vara en flaskhals i elnätet gjordes beräknar med hjälp av data för antal utgående kablar och kabeldimensionerna som erhölls från Umeå Energi och Åsele Kraft. Med hjälp av tabeller för kablars kapacitet (27) kunde kablarnas maximala strömöverföringsförmåga tas fram. Den maximala ström som en kabel kan leda minskar om en kabel är lång. Detta beror på att en kabel har en viss resistans i sig som blir större ju längre kabeln blir. Från de data vi fick från företagen fanns inga längder på kablarna i de områden vi räknat på, men vi gjorde antagandet att kablarna inte var tillräckligt långa att den inre resistansen skulle påverka kablarnas ledningsförmåga. Vi antog med andra ord att vi inta hade några förluster i våra kablar eftersom dessa är försumbara på så korta områden och därför sattes kablarnas strömöverföringsförmåga till samma värde som tabellerna specificerar. I Tabell 19 visas de olika kabeltypernas maximala strömöverföringsförmåga.

Tabell 19. De olika kabeltyperna och deras märkström.

Kabeltyp (27)	Märkström [A]
FCJJ 120/70/1	630
FCJJ 70/35/1	400
AKKJ 240/72/1	630
AKKJ 150/41/1	400
AKKJ 185/70/1	630
AKKJ 95/35/1	315
N1XE 4G50	315
N1XV 4G240	1000
N1XV 4G50	315

För att kunna beräkna om det finns någon risk att kablarna kan bli en flaskhals i elnätet, tittar vi först på hur mycket ström som går genom kablarna i nuläget. Vi vet antalet kablar ut ur varje transformatorstation men vi vet inte hur fördelningen ser ut för varje kabel. Vi antar därför att strömmen ut ur transformatorstationen är jämnt fördelad över varje kabel. Genom att använda datat för hur mycket effekt som kunderna förbrukar i ett område och dividera detta med spänningen i nätet, kan den totala strömmen som går ur transformatorn att beräknas. Genom att sedan dividera detta värde med antalet utgående kablar ur transformatorstationen kunde den genomsnittliga strömmen genom varje kabel tas fram. För att kunna dra några slutsatser av vad denna siffra säger, jämförs den med värdet för den märkström som varje kabel klarar av att distribuera. I dagsläget är det självklart att kablarna kommer att kunna leverera all den ström som kunderna förbrukar, men för att undersöka hur ifall kablarna skulle klara av att transformatorn går på full effekt antar vi att det placeras så många laddpunkter i ett område att transformatorn stundtals tvingas gå på full effekt. För att beräkna om kablarna skulle klara av att distribuera el till kunderna om detta händer, används samma tillvägagångssätt som för nuläget, men värdet för den effekt som kunderna förbrukar, väljs istället till transformatorstationens maxkapacitet. Detta innebär att kablarna är så högt belastade som systemet klarar av att belasta dem. Om den genomsnittliga strömmen genom varje kabel är högre än märkströmmen hos någon av kablarna innebär detta att den kabeln inte är tillräckligt högt dimensionerad och riskerar att kortslutas vid denna belastning. Är den genomsnittliga strömmen istället lägre än samtliga kablars märkström, innebär det att kablarna är tillräckligt dimensionerade för att kunna distribuera all den el som transformatorn levererar. Nedan presenteras tabellerna parvis där Tabell 20, Tabell 22, Tabell 24, Tabell 26 och Tabell 28 visar hur mycket ström som går genom varje kabel i nuläget och Tabell 21, Tabell 23, Tabell 25, Tabell 27och Tabell 29 visar hur mycket ström som går genom varje kabel vid maxförbrukning. I Tabell 20 till Tabell 25 presenteras resultatet för villaområdena Heden, Linjen samt området i Åsele. Under Tabell 25 finns en beskrivning av vad som kan tolkas utifrån dessa tabeller.

Tabell 20. Kablar ut ur transformatorstation Heden samt vilken ström som går genom dem.

Utgående kabeltyp	AKKJ 240/72/1	AKKJ 150/41/1	FCJJ 70/35/1	FCJJ 120/70/1
Märkström [A]	630	400	400	630
Antal	5	3	1	1
Transformatorstorlek [kVA]	800			
Högsta effektförbrukning [kW]	330			
Högsta uttagna märkström [A]	825			
Ström/kabel [A]	82,5			

Tabell 21. Kablar ut ur transformatorstation Heden samt vilken ström som går genom dem när transformatorn går på full effekt.

Utgående kabeltyp	AKKJ 240/72/1	AKKJ 150/41/1	FCJJ 70/35/1	FCJJ 120/70/1
Märkström [A]	630	400	400	630
Antal	5	3	1	1
Transformatorstorlek [kVA]	800			
Högsta effektförbrukning [kW]	800			
Högsta uttagna märkström [A]	2000			
Ström/kabel [A]	200			

Tabell 22. Kablar ut ur transformatorstationen Linjen samt vilken ström som går genom dem.

Utgående kabeltyp	AKKJ 240/72/1
Märkström [A]	630
Antal	5
Transformatorstorlek [kVA]	800
Högsta effektförbrukning [kW]	400
Högsta uttagna märkström [A]	1000
Ström/kabel [A]	200

Tabell 23. Kablar ut ur transformatorstation Linjen samt vilken ström som går genom dem när transformatorn går på full effekt.

Utgående kabeltyp	AKKJ 240/72/1
Märkström [A]	630
Antal	5
Transformatorstorlek [kVA]	800
Högsta effektförbrukning [kW]	800
Högsta uttagna märkström [A]	2000
Ström/kabel [A]	400

Tabell 24. Kablar ut ur transformatorstationen i Åsele samt vilken ström som går genom dem.

Utgående kabeltyp	AKKJ 240/72/1	AKKJ 150/41/1
Märkström [A]	630	400
Antal	3	2
Transformatorstorlek [kVA]	500	
Högsta effektförbrukning [kW]	120	
Högsta uttagna märkström [A]	300	
Ström/kabel [A]	60	

Tabell 25. Kablar ut ur transformatorstation i Åsele samt vilken ström som går genom när transformatorn går på full effekt.

Utgående kabeltyp	AKKJ 240/72/1	AKKJ 150/41/1
Märkström [A]	630	400
Antal	3	2
Transformatorstorlek [kVA]	500	
Högsta effektförbrukning [kW]	500	
Högsta uttagna märkström [A]	1250	
Ström/kabel [A]	250	

Det vi kan se i samtliga områden är att kablarna är högt överdimensionerade. I samtliga områden kan transformatorstationen köras på full effekt utan att kablarna riskerar att överbelastas. I Tabell 21, Tabell 23, och Tabell 25 kan vi se att samtliga områdens transformatorstationer kan köras på full effekt utan att kablarna riskerar att överbelastas. I Tabell 23 har vi den lägsta marginalen kvar för vad kabeln klarar av, men ändå körs den kabeln på ungefär 64 % av dess märkström. Vi gjorde ett antagande att kabellängden hade en försumbar påverkan på kablarnas maximala märkström. Detta antagande baserades på det faktum att sträckorna från transformatorstationen inte borde vara så långa att de påverkar kabeln. Även om vi hade mycket långa kabelsträckor, skulle förlusterna i dem aldrig vara så stora att kabeln tappade närmare 40 % av sin kapacitet, vilket skulle behövas för att någon kabel skulle nå sin maximala överföringskapacitet. Vi antog också att strömmen ut ur transformatorstationen är jämnt fördelad över varje kabel.

Detta antagande är svårt att verifiera eller förkasta, men så länge lasten på kablarna är något sånär jämnt fördelad, vilket känns rimligt i ett villaområde, är det mycket liten risk att någon kabel skulle vara överbelastad. Utifrån detta kan vi dra slutsatsen att kablarna inte är någon flaskhals i eldistributionen i villaområdena.

I Tabell 26, Tabell 27, Tabell 28 och Tabell 29 visas resultatet för lägenhetsområdet Docenten och centrumområdet Balder. Efter Tabell 29 finns en beskrivning om vad som kan tolkas utifrån dessa tabeller.

Tabell 26. Kablar ut ur transformatorstationen på området Docenten samt vilken ström som går genom dem.

Utgående kabeltyp	AKKJ 185/70/1	AKKJ 95/35/1	N1XE4G50
Märkström [A]	630	315	315
Antal	9	1	1
Transformatorstorlek [kVA]	800		
Högsta effektförbrukning [kW]	380		
Högsta uttagna märkström [A]	950		
Ström/kabel [A]	86,4		

Tabell 27. Kablar ut ur transformatorstationen på området Docenten samt vilken ström som går genom dem när transformatorn går på full effekt.

Utgående kabeltyp	AKKJ 185/70/1	AKKJ 95/35/1	N1XE4G50
Märkström [A]	630	315	315
Antal	9	1	1
Transformatorstorlek [kVA]	800		
Högsta effektförbrukning [kW]	800		
Högsta uttagna märkström [A]	2000		
Ström/kabel [A]	181,8		

Tabell 28. Kablar ut ur transformatorstationen på området Balder samt vilken ström som går genom dem.

Utgående kabeltyp	N1XV 4G240	N1XV 4G50
Märkström [A]	1000	315
Antal	15	1
Transformatorstorlek [kVA]	1600	
Högsta effektförbrukning [kW]	660	
Högsta uttagna märkström [A]	1650	
Ström/kabel [A]	103,1	

Tabell 29. Kablar ut ur transformatorstationen på området Balder samt vilken ström som går genom dem när transformatorn går på full effekt.

Utgående kabeltyp	N1XV 4G240	N1XV 4G50
Märkström [A]	1000	315
Antal	15	1
Transformatorstorlek [kVA]	1600	
Högsta effektförbrukning [kW]	1600	
Högsta uttagna märkström [A]	4000	
Ström/kabel [A]	250	

Precis som i villaområdena ser vi även här att kablarna klarar av att leverera den effekt som transformatorstationen skickar ut. Det vi ser från samtliga områden är att kablarna är tillräckligt högt dimensionerade för att kunna distribuera all den el som transformatorstationen levererar.
Även om strömmen skulle vara mer förskjuten till någon kabel kommer skulle ändå kablarna med största sannolikhet kunna leverera all ström som transformatorstationen skickar ut.
Det här innebär alltså att i samtliga områden är kablarna högt överdimensionerade och kan därför inte ses som något problem vid eldistributionen. Detta innebär att om ett så stort antal laddpunkter installeras i ett område att transformatorn ibland går på full effekt kommer kablarna att kunna leverera all den ström som krävs utan att riskera att överbelastas.

7.2 Elnätets kapacitet vid uppfylld prognos

I de områden där data mottogs från elbolagen undersöktes elnätets kapacitets ifall samtliga hushåll med laddbilar enligt prognosen skulle ladda sina fordon samtidigt med hemmaladdning. För att undersöka detta beräknas den totala medeleffekten för varje timme vid de olika transformatorstationerna för det dygn med högst elanvändning hittills 2016. Med resultaten från dessa beräkningar går det att avgöra hur väl elnätet är dimensionerat för att klara av den elbilsökningen som prognosen förutser. I beräkningen används olika laddningstyper och laddningsmönster beroende på vilket typ av område transformatorstationer matar.

Är det ett villaområde eller lägenhetsområde antas laddningen ske nattetid mellan 22:00-07:00 med 16 A, 400 V. Laddtyp antogs vara 16 A, 400 V, detta på grund av prisskillnaden mellan en laddare på 16 A, 230 V och 16 A med 400 V ligger på 2000-3000 kr (28), vilket vi anser är marginellt då man väl investerar. Ytterligare en anledning till valet av 16 A, 400 V är att de kan ladda med både enfas eller trefas beroende vilken typ av bil som är ansluten och trefasladdning antas vara en förutsättning då batteripaketen blir allt större i framtiden. Det antas också att tiderna för laddningen är nattetid, detta på grund av att de flesta börjar ladda bilen när de sover. Medan områden i centrum laddas elbilarna 07:00-22:00 med både snabbladdare och normalladdare, detta då det är ett område med butiker och kontor som dominerande bebyggelse. Vid beräkningarna antogs laddningen ske med maxeffekt vid samtliga laddpunkter under hela tidsspannet, detta för att visa hur det skulle se ut i ett slags *worst-case scenario*.

I villaområdena antogs 17 % av hushållen äga en laddbil enligt prognosen. Och därmed kommer 17 % av anslutningspunkterna kopplade till aktuell transformatorstation ladda en laddbil. I lägenhetsområdena utgick beräkningarna ifrån att 17,2 % av alla bilar 2030 kommer vara laddbilar. Då det inte framgick av datat antalet hushåll anslutna till transformatorstationen gjordes en uppskattning på antalet parkeringsplatser i området och antogs att 17,2 % av parkeringsplatserna skulle ge plats till en laddbil.

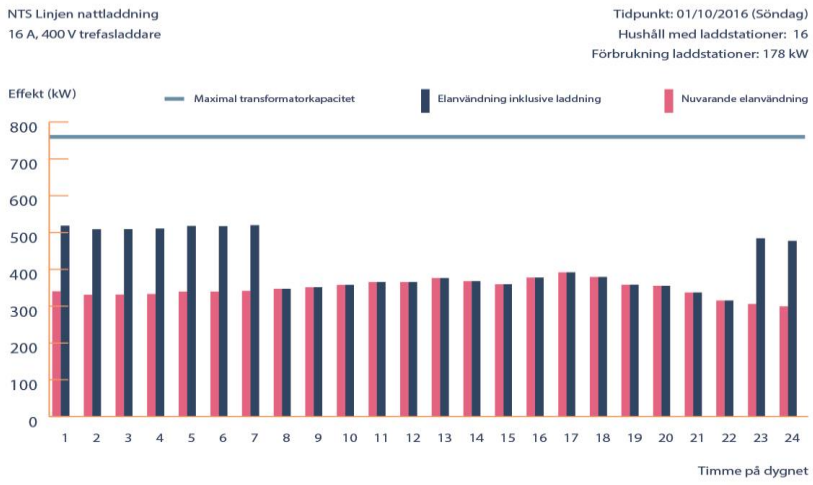
I stadsområdet Balder försörjde inte transformatorn något parkeringshus i dagsläget och eftersom prognosen inte specificerar hur laddpunkterna i ett centrumområde ska fördelas, antogs istället att området har en blandning av alla typer av laddare och att samtliga av dessa laddade dagtid. De laddtyper som valdes var i två laddare 63 A och 400 V, 65 stycken 10 A och 230 V, 14 stycken 16 A och 400 V samt två stycken på 120 kW. Valet av antal och typ av laddpunkt baseras på att det skulle ge en hög belastning på nätet och även reflektera att området har en stor variation av typ av byggnader.

Resultatet från dessa kapacitetsberäkningar för de olika områdena visas i Figur 14, Figur 15, Figur 16, Figur 17 och Figur 18. I dessa figurer visas transformatorstationernas maximala överföringsförmåga, elområdets medeleffekt under den hittills högsta elanvändningen 2016, samt den beräknade totala medeleffekten då samtliga laddbilsägare laddar sina fordon samtidigt under aktuell tidsperiod.

I Figur 14 visas att laddning enligt nämnda antaganden inte kommer överstiga transformatorns kapacitet i villaområdet Heden. Området har en marginal på cirka 270 kW upp till transformatorns märkeffekt.

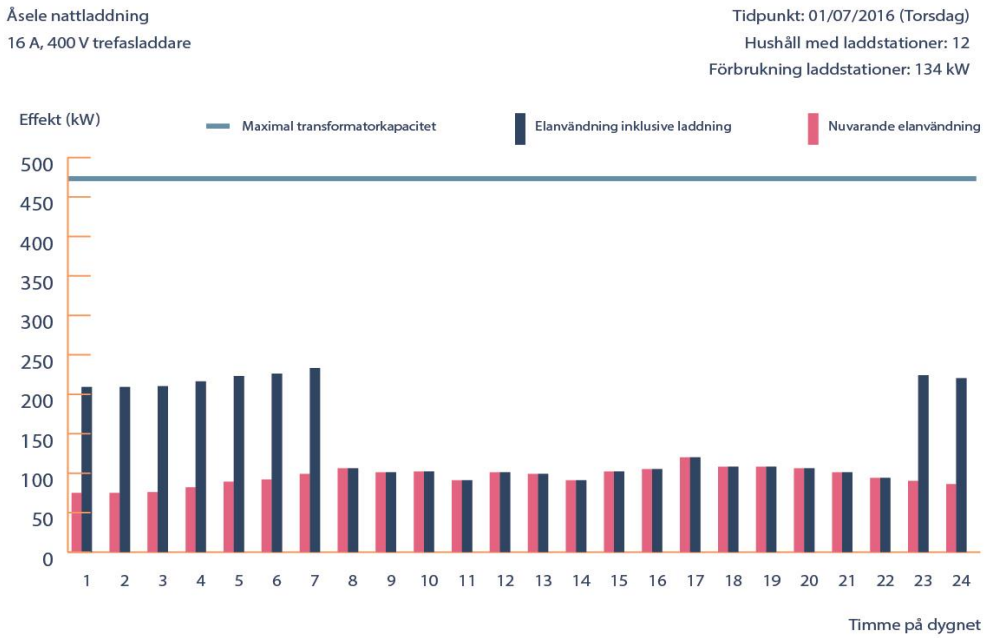
Figur 14 Den högsta elanvändningen på Heden 2016 tillsammans med 16 A, 400 V laddning nattetid med antal laddpunkter enligt 2030-prognosen.

Resultatet av kapacitetsberäkningarna för villaområdet Linjen visas i Figur 15. Även här är elanvändningen inklusive laddning långt ifrån transformatorns begränsning, marginalen upp till gränsen är cirka 250 kW vilket motsvarar cirka 20 stycken laddare à 16 A, 400 V.



Figur 15 Högsta elanvändningen i Linjen 2016 tillsammans med 16 A, 400 V laddning nattetid med antal laddpunkter enligt 2030-prognosen.

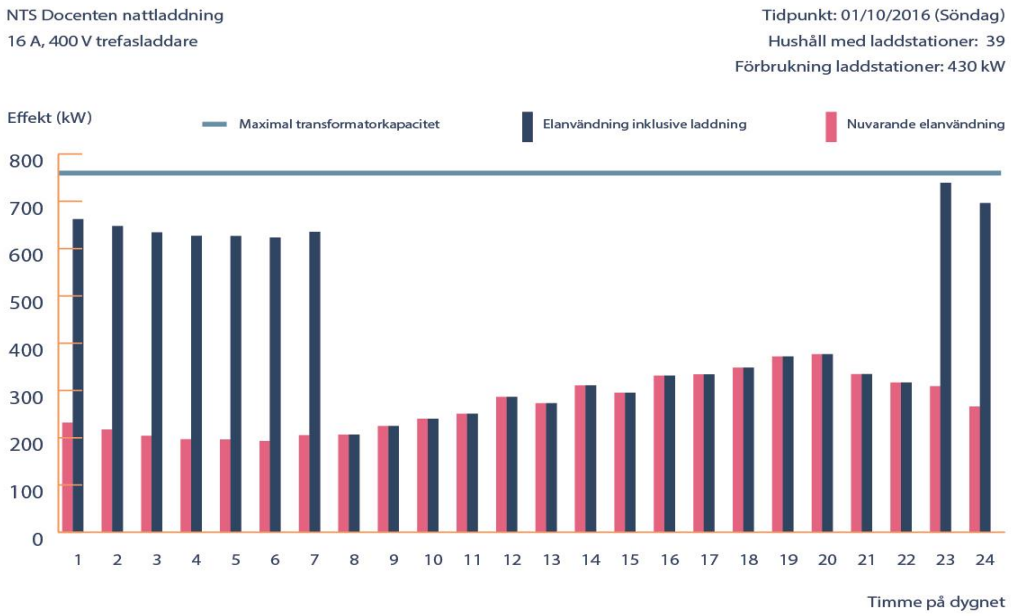
I villaområdet i Åsele visar resultatet från kapacitetsberäkningarna i Figur 16 att det finns god marginal upp till gränsen för transformatorn.



Figur 16 Högsta elanvändningen i Åsele 2016 tillsammans med 16 A, 400 V laddning nattetid med antal laddpunkter enligt 2030-prognosen.

I Figur 14, Figur 15 och Figur 16 visas resultatet av beräkningarna gällande nattladdning i villaområdena med antal laddpunkter enligt 2030-prognosen och här ser vi här att det är mycket god marginal till transformatorns maxkapacitet i samtliga figurer. Detta trots det antagandet att alla laddar samtidigt med maxeffekt.

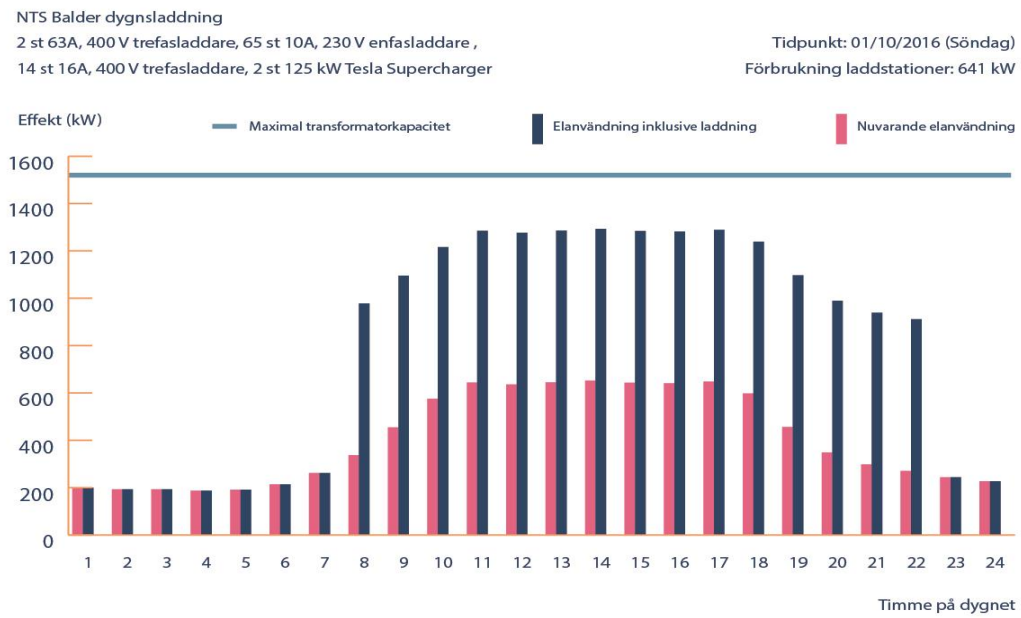
Resultatet för lägenhetsområdet Docenten visas i Figur 17. Här bestämdes antalet laddpunkter efter antalet tillgängliga parkeringar i området samt antalet elbilar år 2030 enligt prognosen. Antalet parkeringar i området har uppskattats till 250 stycken. Som visas i figuren är elanvändningen betydligt närmare transformatorns maximala kapacitet än övriga områden.



Figur 17 Högsta elanvändningen på Docenten 2016 tillsammans med 16 A, 400 V laddning nattetid med antal laddpunkter enligt 2030-prognosen.

I Figur 17 ser vi att belastningen från nattladdningen i lägenhetsområdet Docenten ligger nära den övre gränsen för vad transformatorn kan leverera. Värt att notera här är att data är från den högsta elanvändningen under år 2016 och att beräkningarna gjorts med antagande att alla bilar börjar och slutar samtidigt, laddningen sker dessutom på maxeffekt vilket inte är troligt då effekten vid laddning beror på batteriets fyllnadsgrad. Dessutom är antalet laddpunkter i detta område en uppskattning med hjälp av 2030-visionen och utifrån antalet parkeringsplatser. Det aktuella området är ett studentområde och den samhällsgruppen kommer med sannolikt inte ha råd med laddbilar i den utsträckningen. Därför kan resultatet ses som en överskattning av elanvändningen i detta område och att transformatorn inte kommer att behöva uppgraderas för att klara belastningen enligt prognosen. Med tanke på att områdets beräkningar baserades på prognosen tillsammans med antalet parkeringsplatser, kan resultatet vara svårt att verifiera och det ska inte läggas så stor tyngd vid detta resultat.

I det centrala området Balder visar Figur 18 att det är relativt god marginal upp till transformatorstationens begränsning. Observera att laddningen här sker dagtid, det vill säga då elanvändningen är som högst.



Figur 18 Högsta elanvändningen på Balder 2016 inklusive laddning från 65 laddare, 10 A 230 V, 14 laddare, 16 A 400 V, 2 laddare, 63 A 400 V och 2 Tesla Super Chargers med en effekt på 120 kW. Laddpunkter är uttagna från 2030-prognosen i ett parkeringshus i centrum

Beräkningarna enligt 2030-prognosen för stadsområdet Balder visar att transformatorn klarar av ett större antal laddare av olika typer. Det kan vi se från samtliga beräkningar av transformatorns kapacitet i olika områden är att den med god marginal klarar av att distribuera el till både hushåll och laddpunkter utan att nätet behöver förstärkas. Notera här att laddningen sker dagtid, det vill säga då elanvändningen är som högt.

Sammanfattningsvis gällande elnätets förmåga att klara av en utbyggd laddinfrastruktur anser vi att det inte kommer behövas några större investeringar av elnätsägare för att kapacitetssäkra eldistributionen. Detta då våra kapacitetsberäkningar i de fem olika områdena visar att det finns god marginal för att klara utbyggnaden för att tillgodose den el som behövs i framtiden. Även samtal med sakkunniga vid elbolag samt universitet bekräftar dessa åsikter. De elbehov som i framtiden kommer leda till utbyggnader och förstärkningar av elnätet antas växa fram över relativt långa tidperioder och därmed kommer elnätsbolagen se det som delar av deras naturliga uppdatering av elnätet och därmed inte beskyllas på laddning av laddfordon.

Referenser

1. **Regeringskansliet.** Regeringskansliet. *Regeringen.se.* [Online] Regeringen, 2016. [Citat: den 07 12 2016.] http://www.regeringen.se/artiklar/2016/06/miljomalsberedningen-foreslar-nya-utslappsmal-och-en-klimatstrategi/.
2. **Powercircle.** *Powercircle.org.* [Online] Powercircle, 2016. [Citat: den 07 12 2016.] http://powercircle.org/nyhet/23-351-laddbara-bilar-i-sverige/.
3. **Power circle.** Snabbladdning. *Powercircle.* [Online] Powercircle, 2016. [Citat: den 30 11 2016.] http://emobility.se/startsida/laddstationsguiden/forberedelser/1-2-snabbladdning-eller-normalladdning/.
4. **Power Circle.** Om olika kontakter. *Power Circle.* [Online] Power Circle, 2016. [Citat: den 30 11 2016.] http://emobility.se/startsida/laddstationsguiden/forberedelser/om-olika-kontakter/.
5. **Power Circle, Energimyndigheten.** Laddat för kunskap, laddsation. -Den kompletta guiden. *emobility.* [Online] [Citat: den 30 11 2016.] http://emobility.se/wp-content/uploads/sites/3/2014/10/Emobility.se-Den-kompletta-guiden-till-laddstationer.pdf.
6. **Gustavsson, Paul, o.a.** *Roadmap: Sweden. En färdplan för att främja elfordon i Sverige, nå klimatmålen och samtidigt stärka den svenska konkurrenskraften.* u.o. : Sveriges television.
7. **Chargemap.com.** *Chargemap.* [Online] Chargemap, 2016. [Citat: den 06 12 2016.] https://chargemap.com/.
8. **Yuksel, Tugce och J., Michalek Jeremy.** *Effects of Regional Temperature on Electric Vehicle Efficiency, Range, and emission in the United states.* Pittsburgh : ACS Publications, 2015. ss. 3974-3980.
9. **Nordling, Jan.** Fler fordon har liten påverkan på elsystemet. *IVA.se.* [Online] Kungliga vetenskapsakademien, den 15 04 2015. [Citat: den 15 10 2016.] http://www.iva.se/publicerat/fler-elfordon-har-liten-paverkan-pa-elsystemet/.
10. **Trafikverket.** *Prognos för personresor 2030.* u.o. : Trafikverket, 2015.
11. **Umeå kommun.** umea.se. [Online] Umeå Energi. [Citat: den 16 12 2016.] http://www.umea.se/mer/faktaochsiffror.4.b68a4ef11c312891ac800015457.html.
12. **Eurpeiska unionen.** Europaparlamentets och rådets direktiv 2014/94/EU om utbyggnad av infrastrukturen av alternativa bränslen. *Europeiska unionens officiella tidning.* L, den 22 10 2014, Vol. 307, 1.
13. **Chargemap.com.** Chargemap.com. [Online] [Citat: den 05 12 2016.] https://chargemap.com/stats/norway.
14. **Svensk energi.** *Laddinfrastruktur för elfordon.* [Guide] Stockholm, Sverige : Svensk energi, 2016.
15. **Strömfelt, Gordon.** *Infrastruktur för snabbladdning av elfordon.* [Studie] u.o., Västra Götalands län : HRM engineering AB, 2014. 1403-168X.
16. **Trafikverket.** Trafikflödeskartan. *Trafikverket.* [Online] 1.3.1.3, Trafikverket, den 14 12 2016. [Citat: den 01 12 2016.] http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikfloden.
17. **ekeblom, Mats.** *Handbok för Styrel: Prioritering av elanvändare vid elbrist.* [Hanbok] u.o. : Statens energimyndighet, 2010.
18. **Olofsson, Jan-Åke.** Intervju med adjunkt på Umeå universitet om elnätsfrågor. Umeå : u.n., 2016.
19. **Rättsnätet Notisum AB.** Ellag (1997:857). u.o. : Regeringskansliet, den 14 11 2016.
20. **Berglund, Sven-Erik och Åkerlund, John.** *Elkvalitetsguide- för elanvändare och allmänt.* [Guide] Stockholm : Elforsk, 2004.
21. **Lindberg, Maria.** *Elkvalite och störningar i samband med laddningar av kommmunens elbussar på laddningsplatserna Röbäck och Carlshöjd.* Umeå : u.n., 2016.
22. **ABB kraft.** *Nya lösningar för bättre elkvalitet.* [Guide] u.o. : ABB kraft.
23. **Rönnberg, Sarah, o.a.** *Nätpåverkan av lågenergibelysning.* Luleå : universitetstryckeriet Luleå, 2009. 1402-1536.
24. **Ädel, Hans.** telefonintervju med driftansvarig på Gävle energi elnät. 2016.
25. **Köbi, daniel.** Telefonintervju med elkvalitetsansvarig på Jämtkraft.
26. **Antonsson, Mikael.** Telefonintervju med elkvalitetsansvarig på Umeå energi. Umeå : u.n., 2016.

27. Svensk elstandard. *SEK handbok 421 Kompendium med regler för dimensionering av ledningsnät för lågspänning(SS 4241406, SS 4241424).* 4. 2005. s. 127. ISBN 91-89667-16-6.
28. Wänman, Edvin. Telefonintervju med laddboxförsäljare på Vattenfall. 2016.
29. 2030-sekretariatet. *2030-sekretariatet.* [Online] 2030-sekretariatet, 2016. [Citat: den 07 12 2016.] http://2030-sekretariatet.se/marknad2016/.

Appendix A - Data för områden i Umeå

Tabell 30. Data för den högsta elanvändningen i några villaområden i Umeå under 2016. Givet var också att Heden hade 95 anslutningspunkter och Linjen hade 73 anslutningspunkter.

	Villa (FJV)		Villa (ej FJV)		Lägenhetsområde		Centrum	
	NTS Heden		NTS Linjen		NTS Docenten		NTS Balder	
	Torsdag	Söndag	Torsdag	Söndag	Torsdag	Söndag	Torsdag	Söndag
	2016-01-07	2016-01-10	2016-01-07	2016-01-10	2016-01-07	2016-01-10	2016-01-07	2016-01-10
00-01	229,39	236,24	310,93	340,21	216,23	232,02	198,99	221,06
01-02	227,83	232,11	309,28	330,69	202,45	217,36	192,96	215,19
02-03	219,28	226,57	308,01	331,09	195,05	204,18	192,92	209,16
03-04	235,63	232,36	315,03	332,79	188,83	196,76	186,94	200,89
04-05	235,56	223,59	326,36	339,45	198,48	196,37	191,07	195,88
05-06	246,17	230,79	344,86	339,2	206,4	193,08	214,03	198,19
06-07	275,39	242,7	349,76	341,59	220,95	205,38	261,44	220,67
07-08	259,79	236,13	350,75	347,09	240,22	206,41	336,89	232,5
08-09	268,23	247,8	336,17	350,99	264,34	224,61	454,43	238
09-10	268,3	257,2	344,85	357,5	262,87	240,15	575,14	262,63
10-11	274,6	280,23	347,59	365,39	277,93	250,77	643,98	296,07
11-12	282,64	298,14	355,16	365,24	280,65	286,19	635,79	345,32
12-13	285,45	282,45	353,33	376,25	280,36	273,04	644,97	394,51
13-14	271,91	279,76	347,42	367,54	269,62	310,62	652,21	393,68
14-15	271,49	286,03	345,8	359,03	264,15	295,21	643,14	407,57
15-16	289,71	304,23	352,48	377,53	286,96	331,42	640,82	412,98
16-17	312,44	312,37	374,75	391,7	285,76	334,15	648,37	332,79
17-18	320,35	327,69	379,39	379,26	327,97	348,38	598	303,54
18-19	317,35	310,26	384,18	357,85	338,91	371,84	456,26	298,09
19-20	308,24	307,41	382,58	355,01	335,45	376,51	348,08	289,25
20-21	295,42	277,23	370,83	337,01	338,55	334,41	298,44	264,48
21-22	303,8	263,19	359,06	315,1	315,84	316,73	270,95	242,7
22-23	258,49	237,87	343,67	305,86	280,76	309,04	244,09	219,29
23-00	262,09	220,8	341,44	299,26	252,11	266,08	226,9	208,58

Tabell 31. Storlek på den transformatorstation som används i respektive område.

	Heden	Linjen	Docenten	Balder
Transformatorstorlek [kVA]	800	500	800	2·800

Appendix B – Data för området i Åsele

Månad 10 2016 Tidszon: 1 Normaltid

DagTid	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Sum	Medel
Lö 1	53	50	49	54	57	62	71	65	66	58	56	57	54	52	62	67	79	81	84	79	72	69	61	54	1512	63
Sö 2	56	53	54	57	65	67	74	70	80	69	73	68	71	66	71	70	84	74	75	77	71	65	59	61	1630	68
Må 3	62	58	58	63	70	77	77	83	75	69	66	63	58	54	67	83	84	82	81	89	89	76	71	68	1723	72
Ti 4	69	70	68	72	81	92	94	92	80	77	81	73	66	63	71	78	76	81	79	89	84	76	70	70	1852	77
On 5	71	71	70	71	84	90	90	89	83	78	72	74	68	63	69	81	87	84	70	79	79	69	66	65	1823	76
To 6	64	62	63	72	79	84	85	86	80	76	72	72	70	69	66	79	80	78	75	73	73	62	64	60	1744	73
Fr 7	59	56	63	64	73	80	84	74	73	73	69	65	65	58	58	74	76	76	71	80	74	71	60	55	1651	69
Lö 8	51	55	55	60	67	72	69	73	73	75	81	76	68	68	73	79	85	79	83	78	69	63	60	55	1667	69
Sö 9	52	51	51	55	65	68	71	72	73	78	75	75	77	76	75	88	94	84	83	83	71	64	64	62	1707	71
Må 10	54	55	53	60	68	74	79	74	70	71	84	68	69	73	70	80	76	83	81	78	75	72	69	64	1700	71
Ti 11	61	61	63	65	73	80	77	78	84	81	80	78	72	75	83	84	92	85	93	84	80	76	74	72	1851	77
On 12	73	71	72	75	86	91	88	91	91	91	93	89	82	78	83	92	94	95	86	83	81	76	70	70	2001	83
To 13	73	71	68	75	89	93	93	96	96	93	90	80	77	71	85	85	82	89	86	68	85	82	76	76	1999	83
Fr 14	76	74	74	78	86	97	94	92	92	98	91	93	93	92	103	110	119	115	109	102	94	84	80	73	2219	92
Lö 15	69	70	70	76	85	80	81	85	84	89	87	80	81	75	81	91	93	89	83	83	77	70	63	64	1906	79
Sö 16	61	61	57	65	69	67	70	70	76	83	88	87	87	85	93	100	99	92	90	94	82	76	70	67	1889	79
Må 17	63	60	58	65	75	78	81	82	76	81	85	78	74	75	90	95	90	92	91	95	75	68	66	62	1855	77
Ti 18	58	59	63	69	77	75	79	73	73	74	69	72	75	73	88	91	88	88	82	79	76	68	66	57	1772	74
On 19	56	56	55	60	69	70	76	74	71	77	74	69	66	67	76	86	84	84	77	76	75	62	59	58	1677	70
To 20	55	55	56	58	63	68	75	80	77	73	77	70	68	75	78	82	83	80	74	70	70	64	56	57	1664	69
Fr 21	55	55	58	59	69	71	75	79	72	73	71	76	71	75	86	96	97	82	78	76	73	74	67	64	1752	73
Lö 22	61	61	63	68	75	76	78	81	92	95	94	90	92	98	98	106	106	96	96	88	83	84	75	71	2027	84
Sö 23	69	69	69	74	81	81	84	87	92	94	98	96	106	104	108	119	109	100	100	96	95	85	81	80	2177	91
Må 24	71	73	72	77	85	86	87	88	82	84	80	82	77	81	94	99	105	100	94	88	81	74	67	63	1990	83
Ti 25	61	67	69	71	83	87	81	77	81	80	86	77	75	79	82	99	103	88	84	92	87	76	67	62	1914	80
On 26	64	62	64	66	72	76	84	82	79	82	80	80	79	78	86	97	99	100	101	86	81	71	63	64	1896	79
To 27	66	65	63	68	74	78	82	81	78	80	86	82	72	75	81	94	90	95	92	80	82	78	70	64	1876	78
Fr 28	62	66	65	68	76	81	83	82	84	86	81	80	74	73	62	98	105	92	88	93	94	76	70	71	1930	80
Lö 29	65	67	66	73	81	83	79	81	92	91	84	84	82	76	86	103	103	99	102	90	86	78	75	69	1995	83
Sö 30	65	66	71	78	84	86	94	92	97	98	91	90	84	81	86	89	103	98	103	92	94	86	88	82	2098	87
Må 31	75	75	76	82	89	92	99	106	101	102	91	101	99	91	102	105	120	108	106	106	101	94	90	86	2299	96
																								Total:	57796	78

Högsta mätv: Maxvärde: Lägsta mätv: Minvärde: Kvalitetsfel: Manuel värde:

Sum	Maxvärde	Datum	Timme	Minvärde	Datum	Timme
57796	120	10/31/2016	17	49	10/01/2016	3

Figur 19. Data från Åsele med 55 abonnenteroch en transformator på 500 kVA.

Appendix C- Kabeldata

Tabell 32. Antal kablar och kabeltyp i respektive område.

Kabeltyp	Heden	Linjen	Docenten	Balder	Åsele
FCJJ 120/70/1	1	x	x	X	X
FCJJ 70/35/1	1	x	x	X	X
AKKJ 240/72/1	5	5	x	X	3
AKKJ 150/41/1	1	x	x	X	2
AKKJ 185/70/1	x	x	9	X	X
AKKJ 95/35/1	x	x	1	X	X
N1XE 4G50	x	x	1	X	X
N1XV 4G240	x	x	X	15	X
N1XV 4G50	x	x	x	1	X

Appendix D – Laddpunkter i Umeå kommun

Plats	Laddpunkter idag			Nya laddpunkter		
	Normal	Semi	Snabb	Normal	Semi	Snabb
P-hus parketten	3			50	12	4
Parkeringshuset Nanna	5			65	14	4
Umeå Energi AB	6	6				
Motorcentralen i Umeå	2					
Umeå Universitet	6			76		
OKQ8 carlslid	1	1	2		4	4
Geografigränd Umeå	2	2				
Marknadsgatan 19, Max			4			
Ikea	16			44	16	10
Kronoparken OKQ8			3		2	2
Ersboda handelsområde	1	1	2	25	10	4
Ica Kvantum Kronoparken	4			15	6	
Umeå energicentrum	2					
Dåva	2	2		10		
Green zone Ersboda					4	4
Gamla rådhusparkeringarna						
NUS				50		
Navet	2			30	6	
Parkeringshuset Dragonen				30		
Stadshuset				15		
Strömpilen				20	10	4
Ålidhem centrum (ICA osv)				10	10	2
Umeå Airport				30		
Järnvägsstationen				5		
First camp Umeå				10		
Nolia				10	5	2
Nydala fritidsområde				8	8	
Umeå Energi Arena				20	10	
T3 Arena				15	5	
Umåker				10		
Västerbottnens museeum				5	5	
Iksu spa				5	5	
IKSU Sport				10	20	
Umestan				20		

Figur 20. Förslag på laddningsinfrastruktur för Umeå år 2030.

Appendix E- Laddpunkter i Umeå kommun, fortsättning

Plats	Laddpunkter idag			Nya laddpunkter		
Vägar	**Normal**	**Semi**	**Snabb**	**Normal**	**Semi**	**Snabb**
Preem Hörnefors						4
Statoil Hörnefors och Vägkrog						4
Statoil Holmsund						2
OKQ8 Holmsund						2
OKQ8 Norra Obbolavägen 141					2	
Statoil Carlshem					4	6
Sävar Bensin och Närbutik AB					2	
OKQ8 Umeå Alvik						6
Ingo, Kolbäcksvägen						4
Cirkle K, Glimmervägen 1						4
OKQ8 tanka Teg Verskatdsgatan						4
Hörnefors						
Hörnefors resecentrum Station				5		
Badhus och idrottsplats				5		
Ica nära Hörnan						
Holmsund						
Coop Holmsund					4	
Aquarena Storsjöhallen				4	2	
Sävar						
ICA Supermarket Sävar					4	
Sävar simhall/idrottsplats				4		
Täfteå						
ICA nära						
Botsmark						
ICA Nära Botsmark						2
Tavelsjö						
OKQ8						2
Bullmark						
ICA nära Bullmark						2

Figur 21. Fortsättning på förslag till laddningsinfrastruktur för Umeå år 2030.

Appendix F – Laddfordon och laddpunkter för Jämtland och Västerbotten

Jämtland	Antal laddfordon	Antal laddpunkter	Snabbladdare
Ragunda	592	59	
Bräcke	673	67	
Krokom	1564	156	
Strömsund	1266	126	
Åre	1102	110	
Berg	779	78	
Härjedalen	1154	115	
Östersund	5535	553	
Totalt:	**12666**	**1267**	**152**

Figur 22. Antal laddfordon och laddpunkter i Jämtland år 2030.

Västerbotten	Antal laddfordon	Antal laddpunkter	Snabbladdare
Nordmaling	705	71	
Bjurholm	257	26	
Vindeln	559	56	
Robertsfors	671	67	
Norsjö	438	44	
Malå	329	33	
Storuman	647	65	
Sorsele	269	27	
Dorotea	289	29	
Vännäs	833	83	
Vilhelmina	726	73	
Åsele	297	30	
Umeå	9330	933	
Lycksele	1270	127	
Skellefteå	6773	677	
okänd kommun	2	0	
Totalt:	**23394**	**2339**	**281**

Figur 23 Antal laddfordon och laddpunkter i Västerbotten år 2030.

Appendix G – Laddfordon och laddpunkter för Norrbotten och Västernorrland

Norrbotten	Antal laddfordon	Antal laddpunkter	Snabbladdare
Arvidsjaur	679	68	
Arjeplog	325	32	
Jokkmokk	531	53	
Överkalix	381	38	
Kalix	1701	170	
Övertorneå	483	48	
Pajala	643	64	
Gällivare	1985	199	
Älvsbyn	867	87	
Luleå	6904	690	
Piteå	4348	435	
Boden	2793	279	
Haparanda	954	95	
Kiruna	2450	245	
Totalt:	**25045**	**2505**	**301**

Figur 24. Antal laddfordon och laddpunkter i Norrbotten år 2030.

Västernorrland	Antal laddfordon	Antal laddpunkter	Snabbladdare
Ånge	1012	101	
Timrå	1771	177	
Härnösand	2226	223	
Sundsvall	8814	881	
Kramfors	1920	192	
Sollefteå	2113	211	
Örnsköldsvik	5567	557	
Totalt:	**23423**	**2342**	**281**

Figur 25. Antal laddfordon och laddpunkter i Västernorrland år 2030.

Appendix H – Snabbladdningspunkter i Jämtland och Västernorrland

Jämtland				**Västernorrland**			
Idag		**Nya**		**Idag**		**Nya**	
Sveg	2	Sveg	6	Övik	6	Husum	8
Funäsdalen	2	Funäsdalen	2	Härnösand	2	Ö-vik	35
Åsarna	1	Bruksvallarna	4	Sundsvall	14	Docksta	8
Svenstavik	1	Hede	4	Stöde	2	Härnösand	24
Östersund	4	Rätan	6			Timrå	12
Krokom	8	Bräcke	8			Sundsvall	44
Trångsviken	2	Gällö	6			Stöde	8
Åre	2	Brunflo	8			Erikslund	10
Storlien	2	Östersund	30			Ånge	6
få		Stugun	6			Liden	4
		Hammarstrand	6			Kramfors	10
		Järpen	4			Sollefteå	18
		Åre	8			Långsele	4
		Duved	4			Näsåker	6
		Åkersjön	2			Junsele	4
		Hammerdal	6			Bredbyn	4
		Strömsund	4			Björna	2
		Hoting	4			Gideå	2
		Norråker	2			Solberg	2
		Lidsjöberg	2			Ramsele	2
		Ytterhögdal	4			Ullånger	8
		Åsarna	1			Nora	10
		Svenstavik	1			Bjästa	6
						Matfors	6
						Birsta	8
						Skuleskogen	6

Figur 26. Förslag på snabbladdningsinfrastruktur för Jämtland och västernorrland år 2030.

Appendix I- Snabbladdningspunkter i Västerbotten och Norrbotten

Västerbotten				**Norrbotten**			
Idag		**Nya**		**Idag**		**Nya**	
Umeå	10	Nordmaling	8	Piteå	2	Långträsk	2
Skellefteå	2	Hörnefors	8	Luleå	2	Piteå	25
		Holmsund	4			Arvidsjaur	6
		Umeå	65			Luleå	48
		Bullmark	2			Älvsbyn	6
		Bygdeå	8			Boden	20
		Ånäset	6			Råneå	10
		Lövånger	8			Kalix	14
		Skellefteå	34			Happaranda	18
		Byske	10			Moskosel	4
		Robertsfors	2			Harads	4
		Dorotea	4			Kåbdalis	4
		Åsele	4			Arjeplog	4
		Fredrika	2			Övertorneå	6
		Bjurholm	4			Överkalix	8
		Vännäs	6			Vuollerim	4
		Tavelsjö	2			Jäckvik	2
		Granö	4			Jokkmokk	8
		Vindeln	6			Pello	2
		Lycksele	8			Hakkas	8
		Gunnarn	4			Korpilombolo	2
		Storuman	10			Porjus	4
		Slussfors	8			Gällivare	14
		Tärnaby	8			Malmberget	6
		Hemavan	8			Pajala	8
		Dikanäs	2			Junosuando	2
		Kittlefjäll	4			Kihlanki	2
		Klimpfjäll	2			Svappavaara	8
		Saxnäs	2			Kiruna	20
		Borgafjäll	2			Nikkaluokta	2
		Ammarnäs	2			Muodoslompolo	2
		Sorsele	4			Övre Soppero	2
		Malå	2			Stenbacken	2
		Norsjö	2			Abisko	4
		Jörn	2			Riksgränsen	6
		Boliden	2			Karesuando	4
		Burträsk	2			Morjärv	6
		Botsmark	2				
		Vilhelmina	6				

Figur 27. Förslag på snabbladdningsinfrastruktur för Västerbotten och Norrbotten år 2030.