



Rapport: Framtidens lågspänningsnät, analys av utmaningar och lösningar med ny teknik i nätet

Energikontoret i Mälardalen har tagit fram följande rapport inom ramen för projektet Elkapacitet och effektanvändande i Östra Mellansverige (2021–2023), ett projekt som har genomförts i samverkan med Region Örebro län.

Bakgrund

Delar av Sveriges elnät har funnits på plats i över hundra år och den tekniska utvecklingen har sett snabba framsteg under den tiden. De förbrukningsvanor och -mönster man designade nätet för under förra seklet är på väg bort och nya utmaningar väntar. I samhället ses en stor utökning av antalet elbilar i trafik, och därmed en stor utbyggnad av den elektriska infrastrukturen för att hantera det el- och effektbehov elbilsladdarna har. Dels måste mer elektrisk effekt genereras men elnätet måste också förstärkas för att klara av att överföra denna effekt. Samtidigt väljer allt fler fastighetsägare att installera solcellsanläggningar på sina tak, något som på sommaren leder till samma problem fast i motsatt riktning: kablarna klarar inte av att föra över all sol-el ut på nätet. Problemen med elbilsladdarna är påtagligast på vintern och för solcellerna är det sommaren. Denna undersökning drar problemen till sin spets för att identifiera vilken del av nätet som har sämst förutsättningar inför framtida elbehov och förbrukningsmönster, hur mycket extra kabel som måste läggas och nyttan med s.k. flexibilitetstjänster, alltså att som kund få betalt för att exempelvis ladda med reducerad effekt eller undvika att ladda vissa timmar.

Inom ramen för projektet Elkapacitet och Effektanvändande i Östra Mellansverige har ett studentarbete utförts som genom simuleringar undersökte hur väl rustat lågspänningsnätet är för framtida scenarion med ny, och mer, teknik i nätet. Målsättningen var att svara på frågorna om vilka komponenter som blir överbelastade, hur mycket nätet behöver förstärkas och i vilken mån flexibilitetstjänster kan nyttjas för att göra energiomställningen smidigare.

Innehåll

Bakgrund	1
Framtidens laddning av personbilar	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Hur påverkas elnätet av var laddningen sker?	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Scenario 1: Ladda hemma.	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Scenario 2: Ladda på jobbet.	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Scenario 3: Ladda på väg.	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Anslutning till elnätet	Fel! Bokmärket är inte definierat.
Kommunal energiplanering och nätutvecklingsplaner	Fel! Bokmärket är inte definierat.

Metod

Genom god kontakt med en nätägare via projektet fick undersökningen tillgång till riktig nätdata. I nätdata framgick det all information som krävdes för att bygga en modell av ett nät: kabeltyper, längder, positioner, kunder och deras årsförbrukning, kundkategorier, osv. Tre nät delgavs undersökningen, ett villaområde, ett innerstadsområde och ett landsbygdsområde. Vidare präglas näten av olika designers. Villaområdet är ett s.k. palmträdsnät vilket har en rejäl stam och individuella matningskablar till varje kund. Innerstadsområdet har i stället många hus inkopplade i rad på samma kabel. Det skapades en modell av varje nät som i största möjliga detalj speglade verkligheten. Till modellen fördes sedan en elbilsladdare och en solcellsanläggning till varje kund och för respektive teknik simulerades det för den tid på året som problemen är som mest påtagliga: vintern för elbilsladdarna och sommaren för solcellerna.

Efter att första skedet av simuleringar utförts framgick vilka delar av nätet som inte kunde stödja teknikimplementationerna och då fördes sedan nätförstärkning till modellen. Från det kunde man se vilken utsträckning av nätförstärkning som var nödvändig för att möjliggöra teknikimplementationerna för samtliga kunder i nätet. Slutligen undersöktes, i stället för nätförstärkning, i vilken utsträckning effekten på elbilsladdarna eller solcellsanläggningarna skulle kunna reduceras för att uppnå samma resultat som med nätförstärkningen.

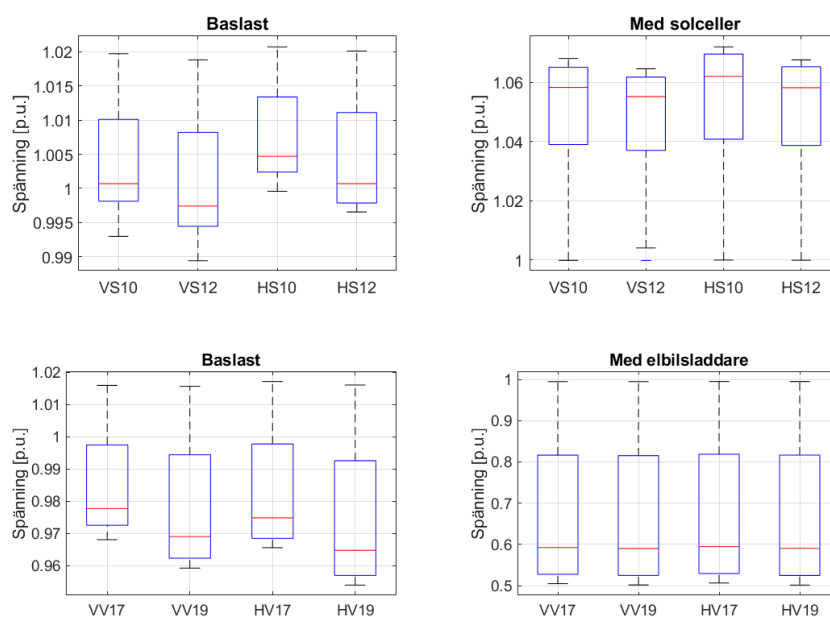
Från dessa tre simuleringsdelar togs sedan resultaten. Resultaten är uppdelade efter vilket fall som simulerats. I modellen fanns möjligheten att variera klockslag, årstid och vardag eller helg. Detta medför som exempel fallbeteckning HV17 – Helg Vinter kl 17, eller VS12 – Vardag Sommar kl 12. Resultaten värderas efter spänningsnivå, vilket måste följa Energimarknadsinspektionens föreskrift EIFS 2013:1 som anger att spänning inte får avvika mer än 10 % från referensvärdet, och belastningsnivå, vilket kommer från respektive kabels produktblad.

Resultaten består av flera hundra datapunkter i varje nät och därför valdes lådagram för att presentera resultaten. Lådagram ger en överskådlig bild av hur fördelningen ser ut och det kan uppskattas hur stor andel av mängden som ligger under ett visst värde. I det fall då ett värde ligger långt ifrån huvuddelen av mängden redovisas den datapunkten separat som ett streck, något som datahanteringsprogrammet hanterade automatiskt.

Resultat

Elbilsladdare och solceller

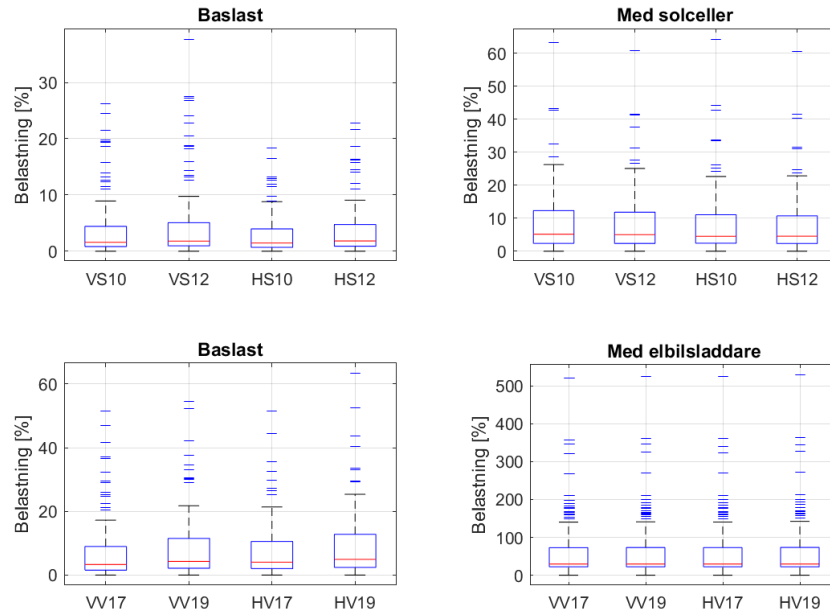
I första resultatdelen presenteras dels baslasten, alltså vad kunderna konsumerar utan respektive teknikimplementation, och dels med teknikimplementationerna. I rapporten framgår det fullständiga resultatet och för läsbarhetens skull visas här endast det resultat som ledde till nyckelslutsatser. I Figur 1 visas resultatet för spänning i innerstadsnätet. Enheten p.u. betyder att spänningen är normerad mot referensvärdet 400 V och således betyder 1 p.u. 400 V och spänningen får som redan nämnt mest avvika 10 % från det, alltså till 0.9 eller 1.1 p.u. Till vänster i bild ser vi baslasterna och till höger med teknikimplementation, med solceller i sommarfallen (VS10, VS12, osv) och med elbilsladdare i vinterfallen (VV17, VV19, osv). Vid inspektion av speciellt vinterfallen kan det ses en skillnad mellan fallen under baslast men med elbilsladdare försvinner skillnaderna och samtliga fall ser nästintill identiska ut. Detta medför att baslasten är försumbar jämfört med den last som elbilsladdarna utgör. Liknande resultat återfanns i villaområdet, om än mindre extremt. Det ses också att just innerstadsnätet hanterade solcellerna utan att spänningen gick utanför gränsvärdet.



Figur 1, Spänningsnivåer i innerstadsnätet.

Vidare visar Figur 2 hur belastningsnivåerna såg ut i innerstadsnätet. Med baslast sågs inga problem, ej heller med solcellerna. Däremot med elbilsladdarna sågs överbelastning av ca 25 % av nätobjekten där ett objekt är som allra mest belastat till över 500 %. I vinterfallen uppgick transformatorns belastning som mest till 140 % medan resterade överbelastade objekt var kablar. Liknande figurer för både villaområdet och landsbygdsområdet återfinns i rapporten men utelämnas här. I villaområdet överskred spänningen gränsvärdet med solcellerna vid ca 25 % av nätobjekten och med elbilsladdarna låg ca 75 % av nätobjekten under gränsvärdet. Med solceller blev inga objekt överbelastade men transformatorn är väldigt nära 100 % i samtliga sommarfall, jämfört med det näst mest belastade objektet som är ca 50 % belastat. Däremot med elbilsladdarna blev vissa nätobjekt överbelastade, och transformatorn som mest

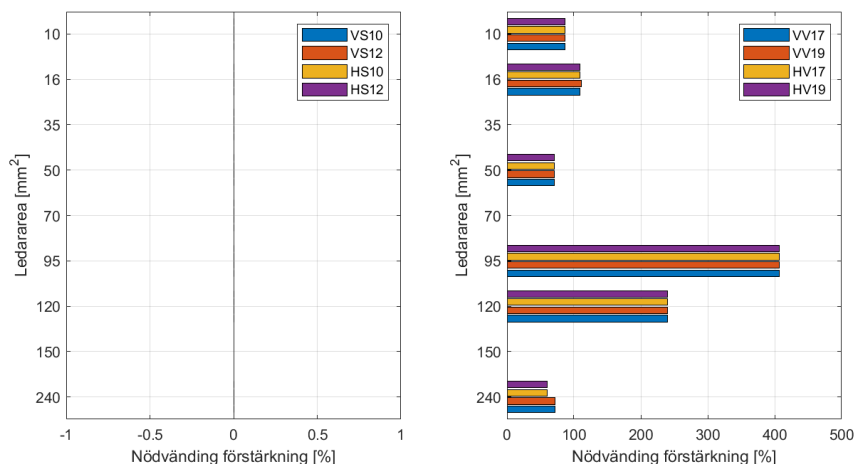
till ca 300 %. I landsbygdsnätet sågs inga problem med baslast eller elbilsladdare. Däremot med solceller överskred spänningen gränsvärdet i samtliga fall.



Figur 2, Belastningsnivåer i innerstadsnätet.

Nätförstärkning

I Figur 3 ses den nätförstärkning som krävs för att eliminera problemen i innerstadsnätet. Resultatet visar hur mycket mer kabel i procent som måste läggas, uppdelat efter tjocklek på kabeln. Eftersom inga problem syntes i sommarfallen är den delen tom. Tittar vi i stället på vinterfallen ses det att tjockleken 95 mm² kräver mest förstärkning med strax över 400 % men också att även de tjockaste kablarna på 240 mm² kräver nästan 100 % förstärkning. I innerstadsnätet förekom inga kablar av tjockleken 150 mm². Om lågspänningsnätet liknas vid ett träd med stam, grenar och löv visar resultaten att grenarna är överlägset svagaste delen men att hela trädets behöver förstärkas och att även stammen, som bör vara



Figur 3, Nödvändig nätförstärkning i innerstadsnätet.

starkast enligt design, kräver förstärkning. I villaområdet visade resultaten att 240 mm² behövde förstärkas som mest med 170 % i vinterfallen. I Tabell 1 visas resultatet i meter i stället för procent och där ses det att totalt kräver innerstadsområdet över 100 % mer kabel totalt, villaområdet kräver ca 40 % mer och landsbygdsnätet knappt 15 %.

Tabell 1, Nödvändig förstärkning i meter.

	Baslängd	VS10	VS12	HS10	HS12	VV17	VV19	HV17	HV19
Innerstadsområde	5449	0	0	0	0	6197	6213	6026	6026
Villaområde	9883	472	472	730	730	4103	4103	4103	4103
Landsbygdsområde	1300	209	209	209	209	0	0	0	0

Flexibilitetstjänster

Tabell 2 visar hur många procent effekten på elbilsladdarna eller solcellsanläggningarna måste reduceras för att uppnå samma resultat som med nätförstärkning. I vissa fall krävdes ingen nätförstärkning och således inte heller någon effektreducering, vilket noteras med ett streck. Ur tabellen framgår det att effekten måste procentuellt reduceras mycket mer i innerstadsnätet än resterande. Det krävs mycket större effektreduktion i vinterfallen, alltså med elbilsladdarna, än i sommarfallen med solcellsanläggningarna. Siffrorna presenteras också i kW för att enklare förmedla vilken kapacitetsbrist som finns lokalt.

Tabell 2, Nödvändig effektreduktion av respektive teknik i kW och (procent) för att uppnå samma resultat som med nätförstärkning.

Fall	Innerstadsområde	Villaområde	Landsbygdsområde
VS10	-	55 (12)	17 (21)
VS12	-	55 (12)	17 (21)
HS10	-	55 (12)	23 (28)
HS12	-	32 (7)	24 (29)
VV17	778 (86)	618 (54)	-
VV19	782 (88)	623 (55)	-
HV17	776 (87)	615 (54)	-
HV19	781 (89)	658 (60)	-

Diskussion och slutsatser

Från resultaten framgår det framför allt bostadstäta nät ser både belastningsproblem och oacceptabla spänningsnivåer men det framkommer också i landsbygdsnätet, om än i mindre utsträckning. Villaområdet präglas av att transformatorn är det mest belastade objektet, något som kommer från hur det nätet är designat: en central matningspunkt och mer eller mindre egna kablar till varje kund. Detta jämfört med innerstadsområdet som såg störst belastning på kablar på grund av dess design där många kunder är anslutna i rad på samma kabel. Det blir väldigt tydligt i resultatet för innerstadsnätet att baslasten blir försumbar i förhållande till lasten som elbilsladdarna utgör. Till råga på det krävs inget tillstånd, och således ingen förvarning för elnätsföretaget, för att installera en laddare vid sin bostad. Det betyder att i teorin kan stora effektoppar uppstå helt plötsligt. Nätförstärkning verkar krävas i alla nät men i mycket större utsträckning i bostadstäta nät. Resultaten om flexibilitetstjänster förmedlar att nätets design har stor påverkan för kapacitetmöjligheterna. För att momentant lösa kapacitetsbristen i innerstadsområdet krävs en effektreduktion på nära 90 %, något som anses väldigt påtagligt för kunden. Skall man dessutom ha marginal kanske nätägaren lika gärna väljer att reducera effekten med 100 %. Detta jämfört med villaområdet där effektreduktion var mindre. Detta utgår från antagandet att alla

laddar samtidigt vilket inte kommer stämma varje gång, men det kan inte heller uteslutas. I viss mån kan nätägaren i stället ge incitament via effekttariffer för att få kunderna att ladda senare på dygnet. Fördelen med det är att det är en lika behandling för alla kunder, jämfört med att tillåta nätägaren fjärrstyra laddeffekten hos enskilda hus. Vidare verkar nätets design ha stor påverkan för möjligheterna och det krävs individuell analys.

Slutsatserna som tas från undersökningen är:

- att elbilsladdarna utgör ett oförutsägbart och allvarligt problem för nätägaren
- att bostadstäta nät kommer kräva stor nätförstärkning
- att flexibilitetstjänster är ett möjligt alternativ i väntan på nätförstärkning men det kräver individuell analys för varje nät.
- att nätets design har stor påverkan för kapacitetsmöjligheterna