

Växelvärme

- Nulägesbeskrivning och effektiviseringspotential
av järnvägens växelvärmearnläggningar



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Teknik och samhälle

Examensarbete:
Mattias Becker

© Copyright Mattias Becker

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2009

Sammanfattning

Spårväxlar är vitala delar i järnvägsanläggningen. De fyller en viktig funktion då man planerar och styr trafikflödet genom dem för att öka kapaciteten. För att säkra funktionen vintertid har man sedan 50- talet systematiskt installerat växelvärmes med olika tekniska lösningar men med samma syfte, att hålla växelns rörliga delar fria från snö och is. Snö och is ställer lätt till med problem på järnvägsanläggningen. Att kunna manövrera spårväxlarna under vinterperioden är då ett av de större problemen. Spårväxlar funktion krävs för att framföra tågtrafiken utan att tågförseningar uppstår. Icke funktionsdugliga spårväxlar som antingen fryser fast beroende på en kombination av fuktighet och frost eller blockeras av snöfall och is, kan lamslå järnvägstrafiken. Slås järnvägstrafiken ut slutar viktiga delar av samhället att fungera. Beroendet av växelvärmes är därför sedan årtionden en standard inom järnvägssektorn. På vintern håller de spårväxlar fria från snö och is.

I början använde man sig av glödande kol för att hålla växlarna rörliga vid minusgrader. Efter det har gas, gasol, kraftiga luftaggregat och elektriska element använts. Järnvägsväxlarna i Sverige värms nästan uteslutande upp med långsgående elektriska värmelement som placeras på rälsfoten och växelstämman. Den installerade effekten är beroende på växelns storlek och uppvärmningsbehov och uppgår till mellan 3,6-23 kW. Uppvärmningstekniken är väldigt energikrävande och behöver styrutrustning för att sänka förbrukningen. Den höga energianvändningen belastar de som förvaltar och brukar järnvägen. Även klimatet påverkas beroende på hur strömmen produceras. I Sverige har uppvärmningstekniken inte ändrat sig mycket jämfört med när den introducerades på 50- talet. Elementen som sitter längs rälsfoten har dålig verkningsgrad, höga värmeförluster och hög energiförbrukning. Istället för att ändra eller effektivisera uppvärmningstekniken har Banverket valt att förbättra styrningen av värmen. Idag styrs de moderna anläggningarna med webbaserade system för att kunna övervakas och styras som individer via Internet. Fortfarande finns dock gamla värmeanläggningar som dagligen slukar energi till låg nytta.

Vid sträng kyla, rikligt snöfall och vind räcker inte dagens växelvärmes till. Vid -15-17°C slutar anläggningen att fungera om den inte är klädd med presenning eller lock som isolerar och klarar -5° till. Efteråt kompletteras växelvärmes med spårgående borstmaskiner eller manuell snöröjning. Inställelsen varierar kraftigt och orsakar årligen dyra förseningar. En så stor geografisk anläggning med klimatskillnader kräver en god organisationsstruktur. En god organisation inom energistyrning krävs för att binda ihop anläggningen till en sammanhängande enhet som jobbar på lika villkor. Idag sker mycket arbete skilt mellan de olika banregionerna och enheterna utan korrespondens. Värdefull information och erfarenheter sprids inte vilket hindrar effektiviseringen. För att sänka energikostnaderna måste Banverket ha en enhet som aktivt jobbar med

energieffektiviseringar, en enhet som har koll på samtliga anläggningar och inställningar. Anläggningar har nämligen påträffats med växeltemperaturer på 30-50°C och även de som matar ut full effekt redan vid 10°C. Banverket förbrukar årligen energi för 1 miljard kronor, vilket motsvarar 2500 GWh. Infrastrukturen med växelvärmestår för 10 % av förbrukningen. Växelvärmeanläggningen har störst potential att sänka energikostnaderna, där 35 miljoner kan sparas enkelt med organiserad energistyrning och bättre styrsystem på samtliga anläggningar. Utvecklingen går tyvärr långsamt när det gäller teknik och organisation. Enligt verksamhetsmålen som gäller för samtliga aktörer inom transportsektorn beskrivs tydligt att energieffektiviseringar måste uppnås. Banverket har själva de senaste åren gått ut med att energiförbrukningen ska sänkas.

Nyckelord: Växelvärmestår, Spårväxlar, Energistyrning, Energibesparing, Reglercentral.

Abstract

Track switches are vital parts in the railway construction. They meet an important feature when planning and steering the traffic flow through them to increase capacity. To ensure functionality during winter they have since the 50-century systematically installed switch heating with different technical solutions but with the same objective, to keep the moving parts on the switch free from snow and ice. Snow and ice raises easy problem on the railway construction. To control track switches during the winter period is one of the major problems. The track switch function is necessary to divert the rail traffic without that delay occurs. Non- functional track switches that either freeze solid due to a combination of humidity and frost or blocked by snow and ice, can paralyze rail traffic. If the rail traffic paralyzes important parts of society stops working. The dependence of switch heating is therefore in decades a standard within the railway sector. In winter they keep the track switches free of snow and ice.

In the beginning railway administrations used glowing coal to keep the switches moveable at minus degrees. After that gas, LPG (Liquefied Petroleum Gas), powerful air fan and electric elements has been used. Railway switches in Sweden is almost exclusively heated with longitudinal electrical heating elements placed on the rail foot and the switch rail. The installed power depends on switch size and heating need and amounts to between 3, 6-23 kW. The heating technology is energy demanding and needs controls to reduce consumptions. The high energy use charges they who manage and use the railway. Even the climate is affected depending how the electricity is produced. In Sweden the heating technology has not changed much compared with when it was introduced in the 50- century. The elements placed along the rail foot have poor efficiency, high heatless and high energy consumptions. Instead of changing or make the heating technology more effective Banverket has chosen to improve the controlling of the heating. Today the modern heating constructions are controlled with web- based systems to be monitored as individuals via internet. Still there are old heating constructions that daily devour energy to low benefit.

At very cold weather, abundant snowfall and wind the today's switch heating is not enough. At -15 to -17°C the heating construction stops working if it hasn't got covering such as pressings or lid that insulates and is capable of yet 5° minus more. Afterwards it will be complementary with track passing brushing machines or manual snow removal. The appearance time varies a lot and yearly causes expensive delays. Such a geographical large construction with climatic differences requires a good organizational structure. A good organization within energy management is required for connecting the construction to a coherent unit that works with the same conditions. Today much of the work is done separately between the different regions at Banverket without correspondence. Valuable information and experience does not spread which prevents the efficiency. To

lower the energy costs Banverket must have a unit which actively works with energy efficiency, a unit which controls all constructions and settings. Heating constructions has in fact been found with switch temperatures at 30-50°C and even they which already provide the construction with full effect at 10°C. Banverket annually consume energy for one billion SEK, which corresponds with 2500 GWh. The infrastructure with switch heating stands for 10 % of the consumption. Switch heating has the largest potential to make energy cuts, when 35 million SEK easily can be done with organized energy management and better energycontrolling at all constructions. The development goes sadly slow when it comes to technology and organization. According to transport political activates witch applies to the entire transport network for all actors within the transport sector it clearly stands that energy efficiency must achieve. Banverket have themselves the recent years said that the energy consumptions shall reduce.

Keywords: Switch heating, Railway switches, Energy controlling, Energy cuts, Adjustment central.

Förord

För att styrka järnvägens position gentemot andra transportslag måste den visa på en hög kvalitet och funktion. Järnvägen är mindre flexibel än exempelvis vägtrafik

i och med att den är spårbunden vilket leder till att driftstörningar i högtrafik på stambanor blir kostsamma och direkt kännbara. Spårväxlar är en viktig länk i anläggningen och används för att effektivt kunna dirigera trafiken och öka kapaciteten. Under vinterperioden ställs växelvärmerna på prov. Teknisk utveckling och pilotprojekt krävs för att hitta nya lösningar på återkommande problem med snö och is. Samtliga länder i Europa behöver växelvärmor. Uppvärmningstekniken skiljer sig åt, men syftet är det samma. Järnvägen har framtiden för sig. Därför måste hårda krav ställas på anläggningarna idag då de måste vara driftsäkra i extrema miljöer och samtidigt visa på en hög effektivitet och säkerhet. Det finns mycket att göra för att nå målet. Följande så beskrivs växelvärmearläggningen. Jag vill passa på att tacka,

Bo-Inge Gustavsson, Anställd på Järnvägsskolan, Handledare
Ebrahim Parhamifar, Lund Tekniska högskola, Examinator
Michael Funke, VD Triple S GmbH

..... för att ställt upp för mig när jag behövt handledning, svar på mina frågor och delat med er på intressant information.

Innehållsförteckning

1 Klimattålighet	2
2 Spårväxlar	2
2.1 Växelvärme	3
2.1.1 Underhåll	4
2.1.2 Elvärme	5
2.1.3 Element.....	6
2.1.4 Inställningar	8
2.1.5 Styrning	8
2.1.6 Styrdon	9
2.1.7 Nederbördsgivare och snödetektor	10
2.1.8 Lufttemperaturgivare.....	10
2.1.9 Rälstemperaturgivare.....	11
2.1.10 Luftfuktighet.....	11
3 Energianvändning	11
3.1 Infrastruktur	12
4 Energistyrning	12
5 Bakgrund	15
5.1 Organisation	15
5.2 Mätning	16
6 Effektivisering	16
6.1 Effektivisering av växelvärmearnlaggningar	17
6.2 Energistyrning	17
6.2.1 Nuläge av energistyrning	19
6.2.2 Banverkets processer	20
6.2.3 Banhållning	21
6.2.4 Tågtrafik	21
6.2.5 Myndighetsutövning	21
6.2.6 Organisation och styrning.....	22
6.2.7 Miljömål.....	24
7 Inköp av elkraft	25
7.1 Mätning och avräkning	25
7.2 Kraftförsörjning	25
8 Energianvändning	26
8.1 Banmatningssystemet	26
8.2 Hjälpkraft	27
8.3 Infrastruktur	27
8.3.1 Växelvärme	27

8.3.2 Växelvärmeprojekt.....	28
8.3.2.1 Solidstitrelä.....	29
8.3.2.2 Borstar.....	29
8.3.2.3 Webbaserade system.....	31
8.3.2.4 Skillnad mellan gammal och ny reglercentral.....	32
8.3.2.5 Kostnader.....	32
9 Ansvarsfördelning.....	32
10 FUD.....	34
11 Effektivisering och besparing.....	34
11.1 Styrning och reglercentral.....	34
11.2 Testfunktion.....	35
11.3 Element.....	35
12 Utveckling i Europa.....	36
12.1 Tyskland.....	36
12.1.1 Gasvärme.....	36
12.1.2 Geotermisk växelvärm.....	37
12.1.3 Besparing med geotermisk växelvärm.....	42
12.1.3.1 Kostnader.....	43
12.1.3.2 Utveckling.....	44
12.1.4 Krav från DB.....	44
13 Diskussion och slutsats.....	45
13.1 Rekommendationer.....	46
14 Referenser.....	47
14.1 Litteratur.....	47
14.2 Föreläsningar.....	47
14.3 Internet.....	48
14.4 Intervjuer.....	52
14.5 Bilaga.....	53

Inledning

Syfte och målsättning

Syftet med detta examensarbete är att göra en nulägesbeskrivning av växelvärmearnäggningen i Sverige och effektiviseringspotentialen. För att få en bättre inblick och kunskap beskrivs även den historiska utvecklingen fram till idag, hur uppvärmningstekniken förändrats och vilka fördelar/ nackdelar de har, hur energistyrningen ser ut och hur den borde se ut, hur den tekniska utvecklingen har sett ut, problematik kring växelvärmearnäggning och vilka möjligheter det finns. För att sprida nya tankar och idéer har Sverige jämförts med ett annat europeiskt land.

Metod

Examensarbetets grund och struktur har huvudsakligen framställts genom litteraturstudier, informationsstudier via Internet samt relaterade järnvägstekniska föreläsningar från Järnvägsskolan i Ängelholm. Kring detta har många intressanta frågor dykt upp, vilka har besvarats från anställda inom järnvägsbranschen från både Sverige och övriga Europa med stort engagemang.

Avgränsningar

Examensarbetet tyngdpunkt ligger kring att göra en nulägesbeskrivning av den svenska växelvärmearnäggningen. Det innefattar både den tekniska anläggningens typer och funktioner samt organisationen och energistyrningen kring detta. Angående effektiviseringspotentialen beskrivs hur man kan sänka energiförbrukningen och förbättra driftsäkerheten med den teknik som man redan har tillgång till. Helt nya förslag till effektivare uppvärmningstekniker är inte beskrivet, fransett från en jämförelse med ett annat europeiskt land med syfte att se andra möjligheter och lösningar på problem. Examensarbetet fokuserar även på uppföljningen av de effektiviseringsplaner som Banverket har satt upp genom åren.

1 Klimattålighet

I större delar av Sverige måste vi räkna med ett strängt vinterklimat under betydande delar av året. Särskilda åtgärder måste därför utföras på både den fasta anläggningen och rullande material så att de är robusta. Den fasta anläggningen är järnvägsinfrastrukturen och rullande material är fordonen, lok och vagnar. Isklumpar som bildats på fordonen faller av i hög hastighet och kan orsaka skada på både fordonet och den fasta anläggningen, exempelvis spårväxlar rörliga delar och värmeutrustning. I Sverige ska anläggningen och fordonen i regel klara temperaturer ner till -40°C . Snö som kommer i form av nederbörd eller snörök från förbipasserande tåg har en tendens att tränga in i skrymslen så att rörelsemöjligheterna hos utrustningen mer eller mindre blockeras. Blötsnö som smälter under dagen fryser på natten till hård is och blockerar bland annat rörliga delar i växlar ännu effektivare än packad snö och orsakar dyra tågstörningar. När det väl har bildats is är den svår att avlägsna och det förekommer att man med våld försöker ta bort isen med spett. Detta kan orsaka svåra skador på växelkomponenter. De rörliga delarna i en växel är växeltungan och omlägningsanordningen (Andersson, E och Berg, Mats 2007).

Som inköps och underhållsplanerare måste man kunna välja mellan rätt konstruktionsutförande och materialval för att få en produkt som passar svenskt klimat. Personer med längre erfarenhet som konstruktör eller underhållspersonal i verkstäder är outhärliga i dessa fall då de varit med under en lång tid och kan bedöma svagheter och styrkor i anläggningen. De förhindrar dyra ombyggnader och framtida problem med driftstörningar som följd. Idag finns det inte mycket systematiserad dokumentation inom detta område (Andersson och Berg 2007).

Dagens växlar i Sverige fungerar ner till ca -15°C . Vid intensivt snöande eller då det förväntas mycket snö kan tågklararen eller eldriftcentralen beordra full effekt på IMSE Webbmaster anläggningar. Turbo knappen aktiveras då vilket innebär 4 h med full effekt (Gustavsson 2009b).

2 Spårväxlar

Spårväxlar är vitala delar i en järnvägsanläggning och kräver mer uppmärksamhet och underhåll än vad det övriga spåret gör. I Sverige och än mer i Danmark orsakar spårväxelfel mycket och långa driftstörningar då växlar kan påverka en hel linje. Driftstörningar är kostsamma och kräver oplanerat underhåll. I Nederländerna, Schweiz, Spanien och Japan fungerar spårväxlarna nästan utan några driftstörningar. Underhållet är mycket viktigt och bör förbättras i Sverige. Rengöring i växlar och av ballasten ska göras för att dräneringen ska fungera utan att fukt och vatten samlas. Underhåll av växelvärmerna bör utföras en gång om året för att säkerställa funktionen (Corshammar 2005).

I en järnvägsväxel är det de två rörliga växeltungorna som bestämmer tågets riktning. Vanligtvis drivs dessa av en elmotor som då påverkar dragstänger som sätter tungorna i rörelse. För att säkerställa att tungorna sluter jämt mot stödrälen så att hjulflänsen säkert leds i rätt riktning finns antingen kontrollstag eller tungkontrollkontakter som känner av om växeln nått kontrollerat läge eller inte. Först vid kontrollerat läge får tåget passera. Snö som packas då växeltungorna rör sig fram och tillbaka kan lägga sig mellan växeltungan och stödrälen vilket förhindrar slutningen. Även isklumpar som lossnar från passerande tåg eller andra främmande föremål kan lägga sig här och orsaka störningar. Växelvärme är installerad för att förhindra att snö och is lägger sig vid spårväxelns rörliga delar (SJ 1984).

2.1 Växelvärme

Behovet av att värma spårväxlar är inte det första som kommer upp då man tänker på järnvägsanläggningen och växlarnas beståndsdelar och hur viktig funktionen faktiskt är. Växelvärme som ska smälta snö och is vid växeltungan brukar fungera bra vid temperaturer kring eller strax under 0°C. Sjunger temperaturen mycket under 0°C kan det smältvatten som bildas då snön värms upp frysa under växeltungorna eller vid andra rörliga delar i omlägningsanordningen där värmen inte verkar. Detta förhindrar växelomläggningen ännu mer än vanlig snöpackning. Det är därför viktigt att underhålla både växlar, banöver- och banunderbyggnaden så att smältvatten snabbt försvinner. Snö och is är oönskat i fasta järnvägsanläggningar som spårväxlar och orsakar årligen dyra tågstörningar. Växeltungorna som lägger tågvägen måste kunna röra sig fritt och sluta mot alla tungkontakter för att skicka meddelande vidare till signalerna så att lokföraren får tillåtelse att köra. Tungvärmen är viktig för att växeln ska fungera. Därför är samtliga fjärrstyrda växlar utrustade med elvärme (Banverket 2003).

Sedan 50-talet har man på olika sätt värmt upp växlarna. Man har använt sig av Gasol, kallluftblåsare, Varmluftblåsare, Ånga och Elvärme. Givetvis förekom det en mängd andra olika idéer runt om i Europa. Gas och elvärme är de system som används mest i Europa idag. Som komplement till växelvärmens används manuell snöröjning av snö och is (Gustavsson 2008/ Edbäck 2009).

- Gasol användes i ett fåtal anläggningar i början av 60-talet. Gasolen värmer upp rälsen via olika munstycken som placerades längs med stödrälen. Mycket underhållskrävande, inte särskilt driftsäkra och viss explosionsrisk
- Kallluftblåsare är en kraftig fläkt som blåser bort snö. Idag finns de i ca 15 växlar, dock kompletterade med konventionell elvärme. Kräver höga effekter och mycket underhåll

- Varmluftblåsare består av en fläkt som blåser ut luft uppvärmd av gas- eller oljeeldad värmepanna. Kräver höga effekter och mycket underhåll
- Ånga har beprovats men metoden var inte särskilt praktisk då vatten från avdunstningen inte är önskvärd. Ånga värmdes av olje- eller gaseldad panna
- Elvärme är det absolut vanligaste idag. Den är också mycket dyr. Antalet växlar med installerad elvärme är för närvarande (2009-03-20) 7000 St. inom Banverket. Den installerade effekten är på ca 70 MW

Oavsett vilket uppvärmningsalternativ man väljer ska installationen alltid fungera. Hårda krav måste ställas för att säkerställa funktionen och pålitligheten, som annars orsakar dyra tågstörningar. Växelvärmen måste kunna stå emot aggressiv miljö med temperaturskillnader från -40°C till $+60^{\circ}\text{C}$, tåla kraftiga vibrationer som kan uppstå i en växel från snabbtåg eller tunga godståg (speciellt då man inte stoppat ballasten ordentligt under växeln), statiska dragspänningar på 50 N, mark som är vattensjuk eller förorenad av kemikalier, tåla vattensamlingar, smörjoljor, bensin, ogräsbekämpningsmedel och avisningsvätskor. Efter $-15-17^{\circ}\text{C}$ stängs dagens växelvärmearnlaggningar av typen ESJ 4065 av eftersom det inte ger någon effekt (Velox 2009).

Växelvärmen ska normalt vara igång från hösten till våren. I skrivande stund är antalet växlar i Sverige med uppvärmning ca 7000 st (Edbäck 2009).

2.1.1 Underhåll

Underhåll av växelvärmeska ska ske en gång om året. Detta utförs på sensommaren och hösten för att vara klart inför vintersäsongen. I oktober månad ska samtliga växelvärmearnlaggningar ha kontrollerats. Vid underhåll kontrollerar man elementen, och hela växelvärmens funktion. För anläggningar av typen Webbmaster- systemet finns en testknapp. När underhållspersonalen ska testa anläggningen aktiveras denna testknapp vilket innebär att anläggningen går på full effekt i hela fyra timmar. För anläggningar av typen ESJ 4065 är testtiden 30, 60 eller 120 minuter, dvs. det samma som eftervärmetiden vid snö. Att testa anläggningen på detta sätt är onödigt ur energisynpunkt och inte flexibelt för arbetspersonalen eftersom man inte kan köra andra tester medan anläggningen går på full effekt. Genom att ha en kortare testtid kan man spara mycket energi. För dessa anläggningar finns ingen annan metod (Gustavsson 2009b).

En väl underhållen järnvägsanläggning sparar pengar och ger en säkerhetsmässigt fungerande anläggning och driftsäker trafik. Detta gäller även växelvärmearnlaggningar. Underhåll som inte utförs korrekt medför sämre

funktion, snabbare nedbrytning, driftstörningar, oplanerat underhåll och höga kostnader som följd (Corshammar 2005).

Fett som ska smörja växelns rörliga delar förekommer i stora mängder på fel ställen. Fett som täcker värmeelementen orsakar sämre värmeutbyte mellan element och räl. Motsatt effekt fås om rälsen värms upp för kraftigt.

Smörjegenskaperna försämras då. Temperaturer på 30- 50°C har uppmätts i växeln (Löf 2006n).

2.1.2 Elvärme

Uppvärmning med elkraft är den absolut vanligaste metoden och har ersatt de flesta andra anläggningarna. Fördelarna är att de är lätta att styra och framförallt är underhållskostnaderna låga eftersom tekniken är enkel. Men effektbehovet är mycket högt och kostsamt, speciellt vid manuella anläggningar med termostattstyrning. Tekniken som används idag har låg veckningsgrad, höga energi- och värmeförluster. Elvärme används liksom alla andra uppvärmningsanordningar som komplement till manuell snöröjning och ska klara snöfall och temperatur ner till -15°C och -20°C om växeln är iklädd med presenning eller skivor som skyddar mot snö (Gustavsson 2008).

I eluppvärmda växlar är den installerade effekten från 300 W/ meter räl till 600 W/ meter räl på känsliga delar. Skillnaden beror på värmekrav, hur viktig växelns funktion är och storleken på växeln. I en BV-50 växel (Banverket 50) med räler på 50 kg/meter installeras 400 W/meter på stödrälens främre del och 200 W/meter på stödrälens bakre del. På växeltungan installeras 200 W/meter i den främre delen. I en UIC-60 växel, (Union Internationale des Chemins) har större och har grövre räler på 60 kg/meter är den installerade effekten 400 W/ meter på stödrälens främre del och 300 W/meter på stödrälens bakre del. På tungan installeras 400 W/meter i den främre delen. Totalt installeras mellan 3,6 och 23 kW i varje växel vilket sammanlagt ger en installerad växelvärmeeffekt på ca 70 MW i Sverige. I genomsnitt installeras ca 8 kW i en växel. I USA är värmeeffekten på 800 W/meter räl. Värmeelementen som monteras fast på rälsfoten har en längd på 3 till 5 meter (Corshammar 2005/ Edbäck 2009).

Växelvärmen är mycket effekt- och energikrävande och kostar årligen över 50 miljoner kronor. Förbrukningen uppskattas till över 100 GWh per år. Den höga förbrukningen gör att man måste styra växelvärmen för att sänka energikostnaderna. Spårväxlarna med elvärme som kopplas upp via ett data-styrssystem som tar hänsyn till temperatur och nederbörd och sparar energi. Denna typ av styrdonstyrning är den mest förekommande och fungerar som en strömbrytare. Den senare reglercentralen som används inom Banverket heter IMSE Webmaster och kan styras via internet, operatörspanel eller en bärbar dator som ansluts till apparatskåpet intill växeln. I apparatskåpen finns plats för styrdon, reglercentral ESJ 4065 eller IMSE Webmaster IPT 42262, snö detektor,

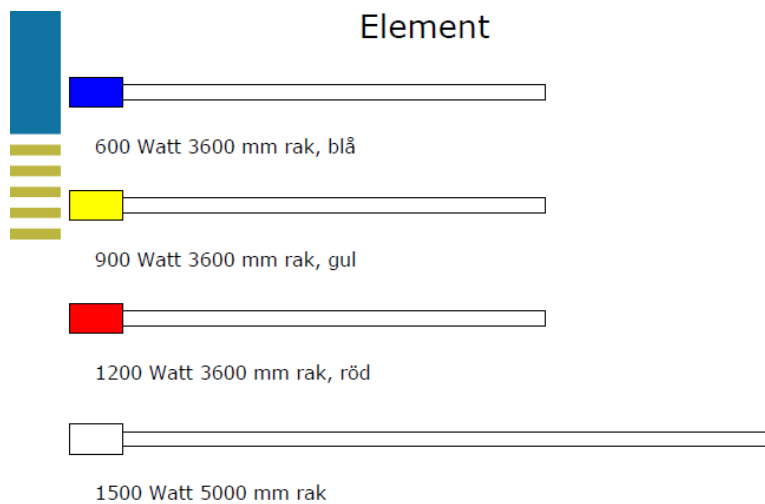
utgivare, huvudbrytare, säkringar, reläer och automatik för bangårdsbelysning över växeln (Gustavsson 2008).

Med datastyrda reglercentraler går elementen igång med olika effekt automatiskt då temperaturen eller nederbörden når en viss grad utan att personal behöver åka ut till platsen och manuellt ställa om växelvärmern. Normal inställning finns för dessa typer av reglercentraler men viss varians finns vid varje region. Sverige är ett långt land med klimatvariationer och fler lokala inställningar spar energi. Jernbanestyret i Danmark menar att dessa system sparar upp till 65 % om de ställs in rätt och inte går igång vid fel temperatur, dvs. för tidigt (Corshammar 2005).

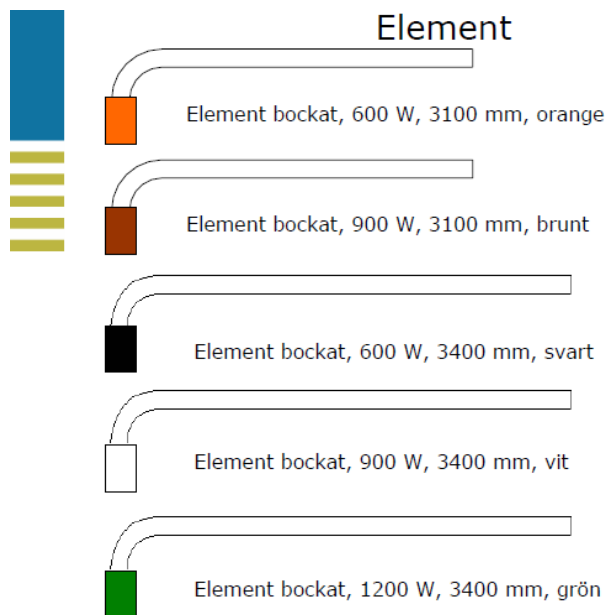
2.1.3 Element

Uppvärmningstekniken med långsgående värmeelement introducerades på 50-talet och skiljer sig endast marginellt mot dagens. Värmeelementen är långsmala rör För att kunna få plats längs rälsfoten där även befästningen tar plats. Elementet sätts fast på rälsfoten med hjälp av klamrar. Elementen som värmer upp rälen finns i ett antal olika längder och effekter för att kunna passa olika förhållanden. Förhållanden som klimatskillnader, uppvärmningsbehov eller tjocklek på rälsen. UIC60 rälen, (Union Internationale des Chemins) är den grövsta rälen som används i Sverige och kräver mer effekt för att värmas upp än SJ50, (Statens Järnvägar 50)/BV50, (Banverket 50) rälen (Gustavsson 2009b).

Elementet som monteras på rälsfoten är ett ovallt rör i rostfritt stål SIS 2353 som klamras fast i rälsfoten. Två motståndstrådar är parallellt centrerade inuti och inbäddad i magnesiumoxid som har goda ledningsegenskaper för både ström och värme. I ena änden där elementet ansluts och matas med ström finns en plasthylsa som är fylld med polyuretan. Till tungelementen är anslutningskabeln 4,5 meter och till övriga element 1,1meter. Skillnaden är för att tungan är placerad längre från kopplingslådan i växelgropen än vad de vi stödrälerna är. Plasthylsan tillverkas i olika färger som talar om artikelnummer, effekt, utformning och längd. För att få styvhet i de smala elementrören är dessa inte glödgade vid tillverkning. Det gör att elementen inte tål mindre bockningsradie än 200mm. Har elementet bockats kan den inte rätas ut igen utan att förstöras. Värmeelementen av denna typ är känsliga för skador och har högst felfrekvens när det gäller störningar på växelvärmearläggningen (Gustavsson 2009b).

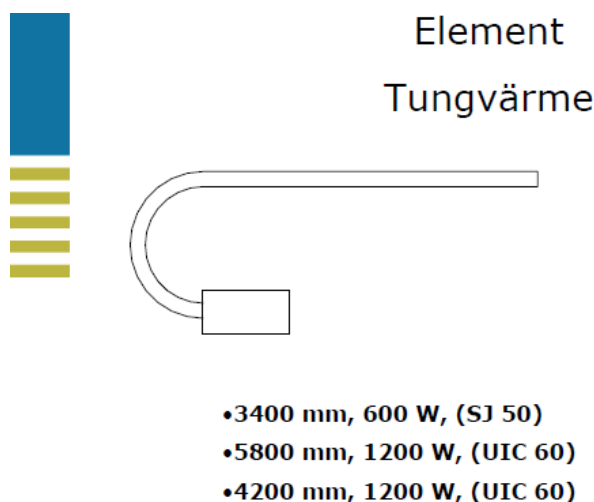


Figur 1: Raka element av olika effekter och längder (Gustavsson 2008).



Figur 2: Bockade element av olika effekter och längder (Gustavsson 1).

Samma effekt för elementen används i hela Sverige oberoende på region och klimat. Effekten i elementen är från 600- 1500 W. Det mesta av effekten installeras fram till i växeln där behovet är störst. Där värmebehovet inte är stort väljs tungvärmens bort. Elementen monteras då bara på stödrälerna. Elementen kostar från 350- 525 kronor (Gustavsson 2009b).



Figur 3: Tungvärme används endast då extra värmebehov behövs. Då monteras värmeelement på den rörliga tungan och stödrälen (Gustavsson 2008).

2.1.4 Inställningar

Standardinställningen för växelvärme hos IMSE Webmaster som är den modernare reglercentralen är att rälstemperaturen ska vara bestämd till 5°C då det inte snöar och 15°C på rälen då det snöar. Inställningarna går att ändra och varierar från region till region. Lägre än 5°C på rälen ställs dock aldrig in utan man höjer endast uppåt. Den äldre reglercentralen ESJ 4065 styrs av utetemperaturen och snöfall och man behöver ställa in kurvan hur effekten ska pulsa ut individuellt. I en IMSE Webmaster styrs växelvärmens av rälstemperaturen och snöfall och kan kopplas upp och ställas in via internet (Gustavsson 2008).

2.1.5 Styrning

Uppvärmningsmetoden har inte ändrat sig mycket sedan 50- talet. Istället har man inriktat sig på att förbättra styrningen av uppvärmningen. Den äldsta typen av styrning och reglering av växelvärme sköts med termostat. Då termostaten mäter en viss temperatur går värmen igång med full effekt tills temperaturen igen går över den inställda. Tekniken är mycket O-flexibel och energikrävande. Normalt är termostatanläggningar satta att gå igång vid 4°C (Gustavsson 2009b).

Styrning med hel/halveffekt innebär att värmen är igång med full effekt i fyra timmar och anslutande halv effekt i 6 timmar. Går temperaturen över 4°C slås värmen av igen. Denna äldre typ finns kvar på en del äldre bangårdar (Gustavsson 2009b).

Reglercentral ESJ 4065 styrs via pulser på 0-10 V och en cykel på 3 minuter. Varje volt motsvarar 18 sekunder. Vid styrsignalen 0 V är anläggningen igång med full effekt hela tiden (Gustavsson 2009b).

Den senaste styrningen är webbaserad. IMSE Webbmater kan styras antingen via 0-10 V eller via data. Via data kan anläggningen övervakas och styras från exempelvis driftcentraler (Gustavsson 2009b).

Idag styrs anläggningarna nästan uteslutande elektriskt. Endast ett fåtal anläggningar med luftstyrning finns. Gasolanläggningar är borta. För det exakta antalet olika anläggningar finns det inget register på. Enligt Banverkets uppskattning finns det dock fortfarande ca 10 % termostatstyrda anläggningar, 20 % hel-/halveffekt, 40 % ESJ 4065, och 30 % IMSE Webbmater. Då ESJ introducerades sparades ca 60 % av energikostnader jämfört med äldre styrsystem och ca 40 % då de webbaserade systemen ersatte ESJ. Det innebär att det finns mycket stora besparingsmöjligheter bara genom att byta ut gamla anläggningar mot den teknik som är tillgänglig idag (Edbäck 2009).

2.1.6 Styrdon

På 80- talet infördes styrning av styrdon. Med denna teknik blev styrningen automatiserad. Effekttutttaget styrdes till en början av utetemperaturen kombinerat med en nederbördsgivare. Spänning pulserar ut till växeln efter förinställda värden. Styrdonen som sitter i växelskåp på de äldre reglercentralerna ESJ 4065 är anpassade till både gamla och nya styrdon. De är en kraftelektronisk komponent och fungerar likt en dimmer som pulserar ut en spänning från 0-10 V med en cykel på tre minuter och där varje volt motsvarar 18 sekunder. Vid 0 V är donet öppet i 180 sekunder (tre minuter), och stängt i 0 sekunder. Det innebär att donet pulserar signalerar så att växeln ska värmas med full effekt hela tiden. Styrdonen har börjat bytas ut sedan 2003-2004 eftersom de lätt gick sönder då det inte tålde mer än 28A. Från början var schemaritningarna för donen felmarkerade där de var märkta med att tåla 35A vilket gjorde att väldigt många gick sönder under den första tiden. Bristande organisation och dokumentation medförde att många i ovishet fortsatte att belasta med 35 A. De nya styrdonen är märkta med 28A men tål mer (Gustavsson 2009b).

De nya styrdonen går delvis fortfarande under namnet TRIAC men är i själva verket en annan komponent fast med samma funktioner. Styrdonet benämns även TD 4075. De nya styrdonen är solidstireläer och tål mycket mer ampere. Tabellen nedan beskriver hur styrdonens cykel ser ut. För varje växel krävs det 1-2 styrdon. Allt beroende på växelns storlek och värmebehov. För de äldre styrdonen går det endast att köpa reservdelar i form av själva TRIAC:en för utbyte. Bygger man nytt använder man det nya styrdonen, solidstirelä (Gustavsson 2009b).

Tabell 1: Styrdonens cykel och pulseringar.

TRIAC	Öppet (s)	Stängd (s)
0	180	0
1	162	18
2	144	36
3	126	54
4	108	72
5	90	90
6	72	108
7	54	126
8	36	144
9	18	162
10	0	180

2.1.7 Nederbördsgivare och snödetektor

De flesta nederbördsgivare av äldre modell har i stort sett bytts ut mot modernare. I de äldre systemen fanns två givare per anläggning. En vid växelskåpet och en vid slipern. Nackdelen med att ha en nederbördsgivare vid slipern är att drivsnö och snörök kan täppa igen givaren. Det innebär att växelvärmens går på full effekt tills drivsnön försvunnit även om växeltunga är fri från snö och is. Även blöta löv kunde lägga sig på nätet inuti givaren och kortsluta kretsen så att givaren signalerar för snö och ger full värmeeffekt. Det gamla systemet hade en fördröjning på fem minuter innan värmen gick igång då det snöade. På de flesta anläggningar har givaren vid slipern och skåpet tagits bort och en ny givare har monterats på skåpet. I den nya nederbördsgivare sitter all mätutrustning inne i själva givaren och inte i skåpet som på den gamla. Den äldre modellen aktiverades vid 3 plusgrader om anläggningen hade en fast givare och 4 plusgrader om anläggningen styrdes av termostat. Den nya detektorn skickar signal om snö då villkoren nederbörd och 2°C eller kallare uppfylls (Gustavsson 2009b).

Snödetektorn fungerar med kortslutning. I toppen finns ett uppvärmt nät som smälter snön och kortsluter en ledare. Detta signalerar snö då temperaturen samtidigt uppmäts till 2°C eller mindre. Den normala inställningen är vid 2°C men det går att ändra mellan 1-2,5°C. Efter det att snön har slutat att falla matar växeln ut full värme i antingen 30, 60 eller 120 minuter i anläggningar med ESJ 4065 (Gustavsson 2009b).

2.1.8 Lufttemperaturgivare

Luftgivaren som mäter lufttemperaturen är en så kallad 1000 givare. Det innebär att den är inställd på 1000 Ω vid 0°C. Vid lägre temperaturer är motståndet lägre och vid högre temperaturer är motståndet högre än 1000 Ω . Vid äldre

reglercentraler typ ESJ 4065 reglerades värmen via lufttemperaturen. Detta har idag ändrats så att styrningen sker via rälsgivare. Idag används Luftgivaren endast för att mäta temperaturen vid platsen om växeln är utrustad med både lufttemperaturgivare och rälstemperaturgivare (Gustavsson 2009b).

2.1.9 Rälstemperaturgivare

Rälsgivaren av typ Abelko används främst idag och är också en 1000 givare som mäter motstånd. Rälsgivaren ersatte styrningen istället för lufttemperaturgivare eftersom det oftast är skillnad på temperaturen i rälen och luften. Står solen på värms rälen upp ganska mycket. Är det en solig vinterdag kan lufttemperaturen vara minus men rälstemperaturen ett par plusgrader. Uppvärmning är då onödigt och man spar pengar. Blåser det mycket kallt kan man uppmäta motsatt effekt. I en växel monteras alltid två rälsgivare, en på varje räl. Den givare som uppmäter lägst temperatur styr systemet efter. Stor skillnad kan förekomma då den ena rälen befinner sig i solsken och den andra i skugga (Gustavsson 2009b).

2.1.10 Luftfuktighet

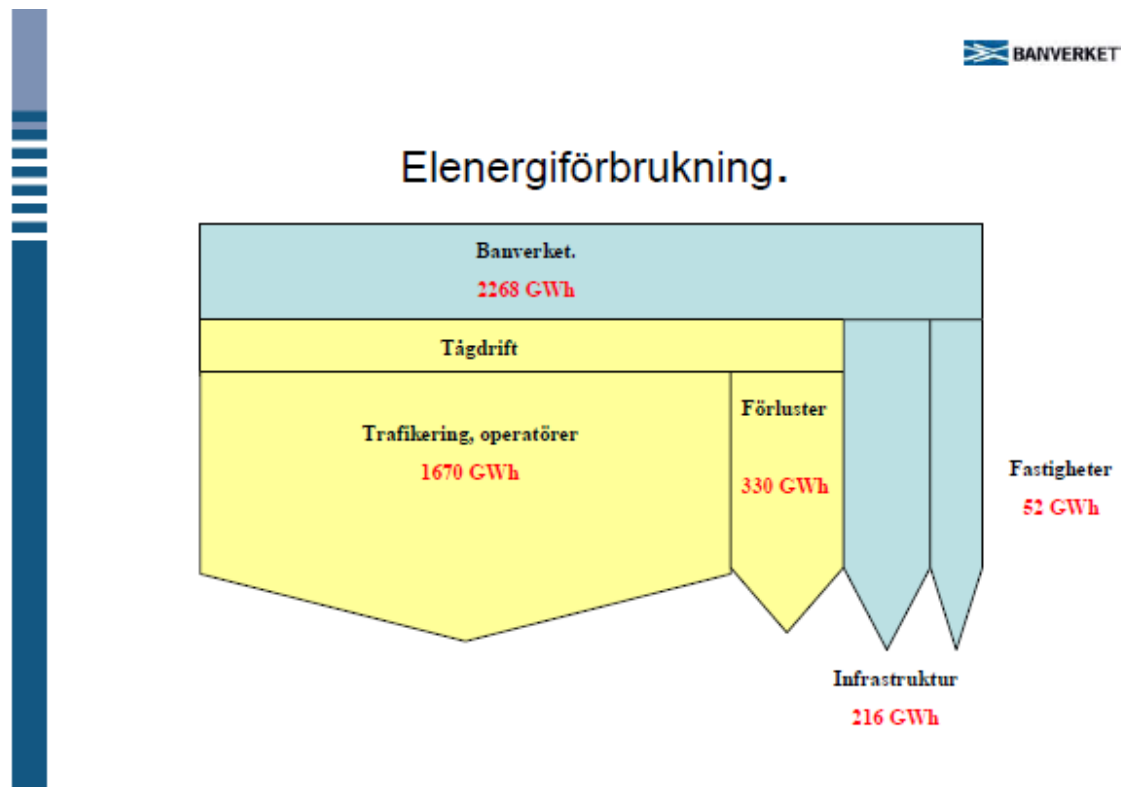
Luftfuktighet mäts inte i Sveriges växelvärmearläggningar eftersom det inte anses behövas. I bland annat Tyskland mäts det i kombination med utetemperatur för att spara in energi. Vid torr kyla utan nederbörd är inte värmebehovet lika stort för att hålla växelkomponenterna rörliga (Funke 2009).

3 Energianvändning

Inom ett av de sex delområdena ”En god miljö” i de transportpolitiska målen skriver Banverket att järnvägen ska visa på en god hushållning av bland annat elenergi. Banverket nämner i sin årsredovisning från 2006 att energianvändningen ska minska. Mellan åren 2006-2009 drivs ett europeiskt projekt av EU-kommissionen vid namn Railenergy. Målet med Railenergy är att minska energianvändningen inom den europeiska järnvägssektorn med 6 % fram till år 2020. Banverket deltar i detta projekt. Inbesparingen inom Europa på 6 % kan jämföras med Banverkets inbesparingspotential på 10 %. I Europa liksom i Sverige kommer åtgärder att ske inom ny teknik för fordon och infrastruktur, körstil och trafikledning (Banverket 2007a).

Under 2000- talet har energianvändningen legat stabilt på ca 2500 GWh per år på den svenska järnvägen. Energianvändningen kostade 2006 hela järnvägssektorn totalt 1 miljard kronor. El-förbrukare inom infrastrukturen pekas särskilt ut där besparingar på 100 miljoner kan göras årligen på hela järnvägssektorn. Det motsvarar 10 % i rena besparingar. För Banverkets del rör det sig om besparingsmöjligheter på 35-40 miljoner årligen för drift av anläggningen. Den el som Banverket använder för trafik och infrastruktur kommer sedan 2003 enbart från förnyelsebar energi, 99,6 % vattenkraft och 0,4 % vindkraft. 90 % av energin kommer från elkraft, resterande från fosila bränslen (Banverket 2007b).

För person och godstrafik är energianvändningen stabil mellan åren. Förnyelser inom fordonsparken samt införande av energibesparande körstil gör att målet delvis är uppnådda. Moderna lok och motorvagnar är energieffektivare och matar ut spänning i nätet vid inbromsningar så att andra tåg kan använda sig av den extra effekten. Bilden nedan visar hur förbrukningen inom Banverket såg ut år 2005 (Banverket 2007a).



Figur 4: 2005 års energiförbrukning inom Banverket (Löf 2006m och Räftegård).

3.1 Infrastruktur

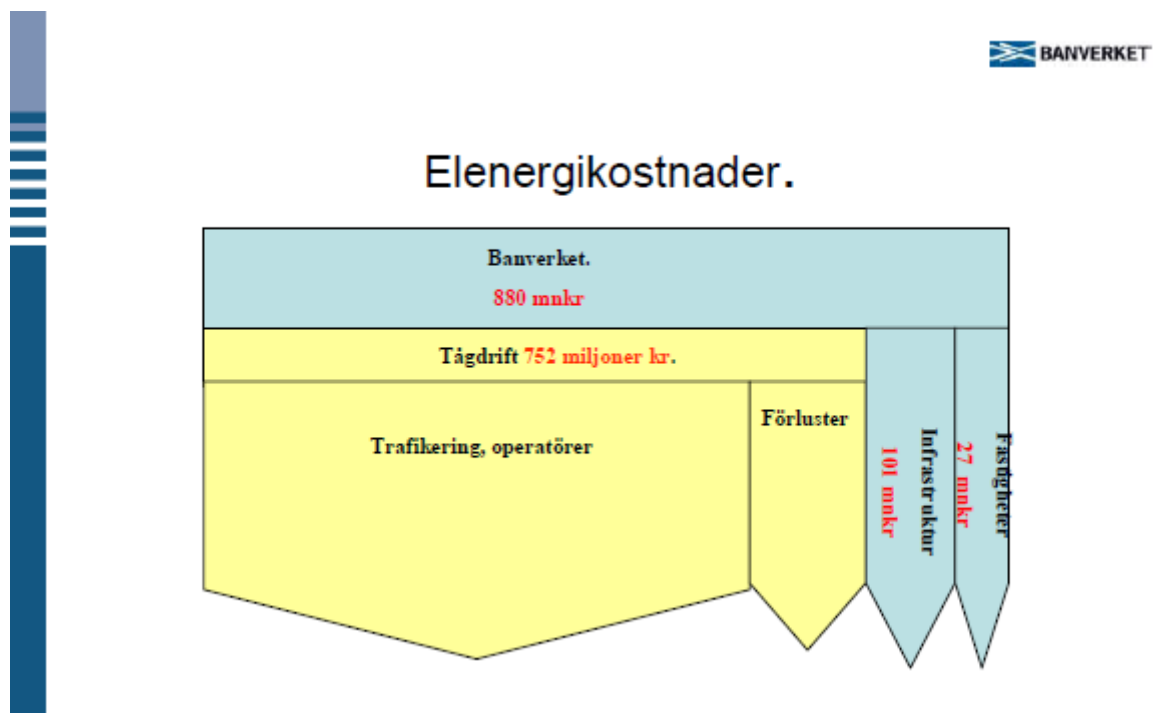
Inom ifrastrukturen är förbrukningen av elkraft dåligt kartlagd vilket gör att man har dålig koll på enskilda förbrukare. Besparingen av elkraft är inte lika långt kommen och det finns mycket att förbättra. Under 2006 gjorde Banverket en förstudie om energieffektivisering och energistyrning där besparingspotentialerna kom fram. Syftet var att kartlägga energistyrningen och energianvändningen och komma med förslag till förbättringar inom bland annat infrastrukturen där växelvärmens är en stor post. Införandet av så kallad styrdon- styrning på bangårdar gör att man kan sänka växelvärmeförbrukningen ytterligare. Nya växelvärmeskåp med bättre rälstemperaturgivare installeras samtidigt vilket sänker förbrukningen vintertid (Banverket 2007b).

4 Energistyrning

Energianvändningen är hög inom Banverket och med dagens elpris är det en stor kostnad. Kostnaderna som idag uppgår till närmare 1 miljard betalas till 85 % av

Banverkets kunder. För att spara pengar och skona miljön måste energianvändningen per transportkilometer sänkas, något som Banverket sagt att de ska göra. Men det tar lång tid innan saker börjar hända. Idag finns det stora effektiviseringsmöjligheter men det saknas styrande dokument som talar om hur energistyrningen ska gå till. Förstudier och forskning visar på att det finns stora möjligheter att spara energi, speciellt inom infrastruktur som växelvärmesystem. Gammal teknik bör bytas ut mot ny modern effektiv styrning och övervakning och regionerna behöver folk som jobbar med effektivisering av energi medan energistyrningen stärks i hela landet. Görs inte detta riskerar problemet att bli en dolt och pengar försvinner. Pengar som kan satsas på bättre underhåll och teknisk utveckling (Löf 2006a och Räftegård).

Inom växelvärmesystem, bangårdsbelysning och kraftsystem finns det stora möjligheter att göra energibesparingar. Elenergikostnaderna för Banverkets infrastruktur uppgick med 2005 års energikostnader och penningvärde till minst 101 miljoner kronor inledningsvis. För infrastrukturen beräknas besparingspotentialen enligt förstudier ligga på 35 miljoner kronor i 2007 års värde vilket är en stor andel. Bilden nedan visar Banverkets ungefärliga elenergikostnader beräknat på 2005 års elpriser. Kostnadsposterna är uppdelade på Eltågdrift, Distribution, Infrastruktur och Fastigheter (Löf 2006a och Räftegård).



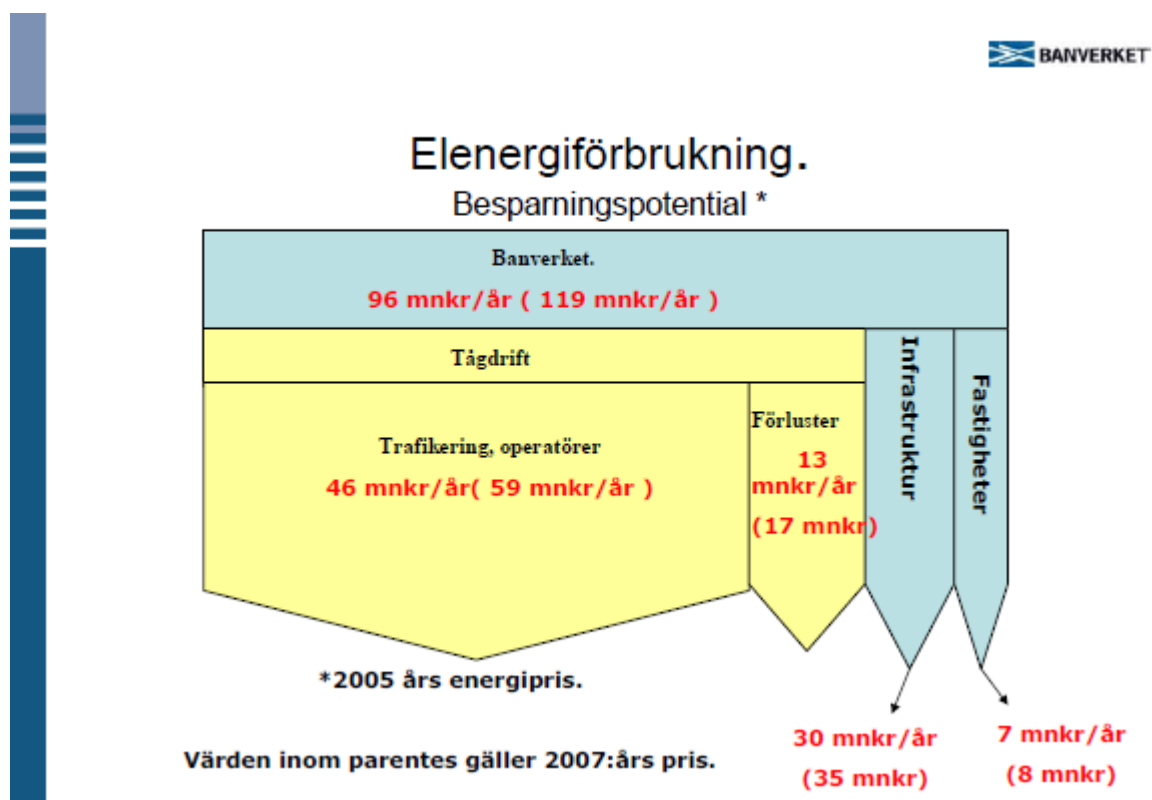
Figur 5: Banverkets elenergikostnader år 2005. (Löf 2006a och Räftegård)

Med ökade elenergipriser blir utgifterna bara större. Sedan början av 2000-talet har priset gått upp nästan trefaldigt. Banverket handlar sin el från den nordiska elbörsen Nordpool. Bilden nedan visar priserna i Sverige från 2000 fram till 2009. Priserna anges i SEK/MWh (Nordpool 2009).

Tabell 2: Energiförbrukningen i SEK/MWh från Nordpool sedan starten (Nordpool 2009).

Year	SE
1996	260,01
1997	143,77
1998	120,49
1999	119,42
2000	120,42
2001	210,93
2002	252,35
2003	332,99
2004	256,29
2005	276,45
2006	445,38
2007	280,13
2008	491,55
2009	407,40

Räknar man på energiförbrukningen på 2,5 TWh/år idag kostar energin 1 miljard kronor per år. Bilden nedan ger en översiktlig bild över besparingspotentialen i både 2005 och 2007 års värde och hur de är uppdelade.



Figur 6: Besparingspotentialen uppdelat på olika områden (Löf 2006a och Räftegård).

I förstudien rekommenderas en rad åtgärder för att kunna genomföra energibesparingar (Löf 2006a och Räftegård):

- Genomför besparingsprojekt för växelvärm, bangårdsbelysning och omformarstationer
- Upprätta en grupp som arbetar operativt vars mål är att effektivisera energifrågor tills dess att energistyrningen i alla regioner har stärkts och kan jobba på egen hand
- Upprätta en plan där man kan mäta och göra avräkningar av elektriciteten
- Varje region, resultatenheter och större projekt ska kunna redovisa och stå för energikostnaderna med inriktningen att brukaren betalar
- Sätt upp energirelaterade mål som de olika regionerna och enheterna kan jämföra sig mot och följa upp utvecklingen
- Utred om det behövs en avdelning som tar ansvaret för alla energifrågor inom Banverket och vilka resurser, befogenheter och ansvar en sådan avdelning ska ha.

5 Bakgrund

Banverket har som verksamhetsmål att energianvändningen per utfört transportarbete på statens järnvägar ska minska. För att kunna följa upp utvecklingen rapporteras årligen förbrukningen i kWh per användningsområde och förbrukare. Av de 2,5 TWh som förbrukas går den största delen åt till tågdrift. Därefter delas förbrukningen ut enligt schablonartad metod till infrastrukturen. Elförbrukningen för hela infrastrukturen betalas centralt. Förstudien visade att det finns en stor förbättringspotential inom de tekniska anläggningarna. Anledningen till att det inte genomförts i tillräcklig stor utsträckning tros vara den bristande styrningen inom området energihantering och effektivisering. Investering, driftskostnad och nytta hänger inte ihop idag (Löf 2006b och Räftegård).

5.1 Organisation

Energistyrningen har inte någon särskild struktur inom Banverket, vilket leder till att man inte har den koll på anläggningen och förbrukningen som man borde ha. Banverket måste ha ett fast och samlat grepp om läget och utvecklingen för att kunna börja utföra förbättringar och besparingar. En central energistyrning som arbetar med detta och följer upp utvecklingen från samtliga banregioner skulle innebära stora besparingar. Finansieringen av den nya gruppen kan med fördel tas från besparingspengarna. Innan denna energistyrning träder i kraft ska man utse en grupp som arbetar operativt med effektiviseringen inom hela Banverket tills

organisationen runt energistyrningen har stärkts tillräckligt för att kunna börja arbeta som en enhet (Löf 2006c och Räftegård).

5.2 Mätning

För att kunna förbättra energiåtgången måste man kunna mäta förbrukningen på alla enskilda anläggningar. Dess mätningar bör sedan samlas in av respektive banregioner. På så sätt kan man jämföra mellan olika regioner. Vad som krävs är att ett enhetligt mätsystem upprättas och förtydligas så att förbrukarna tar sitt ansvar. För ett par år sedan började enstaka upphandlingar och ibruktage av olika mätsystem. Det visar tydliga tecken på nackdelen med att inte ha en central energistyrning. Då fanns vare sig tekniska eller administrativa krav på hur systemet skulle se ut. Om de rätta energikostnaderna ska kunna föras ut på respektive banregion måste systemen kunna samköras. Annars kan man inte skicka ut faktureringar eller utföra energianalyser och statistik av energiåtgången. Följande punkter är de åtgärder som krävs för att genomföra noggrannare mätningar (Löf 2006d och Räftegård):

- Ett enhetligt system för mätning av energiåtgång och hur informationen ska samlas in
- Införa noggrannare mätningar istället för schablonpriser för att se den faktiska energiförbrukningen. På så sätt blir kostnaderna rättvisa mellan resultatenheterna och andra anläggningar
- Tekniska krav på mätsystemet ska tas fram
- Införa ett apparatregister för mätsystem
- Kvalitetssäkra befintligt anläggningsregister över inmatningspunkter
- Införa anläggningsregister över egna uttagspunkter
- Införa en ledningsgrupp som tar hand om mätning och avräkning
- Kartläggning av Banverkets interna behov av mätvärden förutom de underlag som krävs för fakturering

6 Effektivisering

Effektiviseringen måste bli bättre i alla led. Från organisation, energistyrning till växelvärmes och själva produkten. Nedan beskrivs de största punkterna och behov av åtgärder.

6.1 Effektivisering av växelvärmearnläggningar

Växelvärmearnläggningar står tillsammans med bangårdsbelysningen som största förbrukare bortsett från tågdriften. Besparingspotentialen står dock för den största av hela energiförbrukningen inom järnvägssektorn. Det positiva är att besparingarna kan ske enkelt och med rimliga kostnader. För att förbättra växelarnläggningar och sänka förbrukningen ska man byta ut gamla system som inte är datorstyrda till moderna med fjärrstyrning. Inställningar i befintliga anläggningar måste också bli bättre. I många fall går värmen igång alldeles för tidigt eller med för hög effekt. Så kallade pilotprojekt har genomförts/genomförs i olika delar av landet. Det är mycket viktigt att dessa projekt startas och följs upp oavsett organisation och framtidsutsikter. Många visar på goda besparingar. Pilotprojekten sker dock enskilt inom de olika regionerna vilket gör att nyttiga erfarenheter går förlorade om de inte sprids. Följande punkter bör uppnås för att nå optimal besparing (Löf 2006e och Räftegård):

- Införandeplanen från 2005-2007 ska följas upp. Planen gällde nationellt och var en del av "Kraftsamling Underhåll". Idén är att både utrustning och reglerfunktioner av växelvärmestyrningen ska vara nationellt enhetligt. Erfarenheter från införandeplanen ska samlas in så att alla kan ta del av viktiga tankar. Denna punkt är mycket viktigt av ekonomiska skäl och bör därför prioriteras
- Genomföra nya pilot installationer inom alla banregioner. Påbörjade installationer ska slutföras och avslutade installationer ska följas upp och utvärderas för att ta del av kunskap och erfarenhet som har bildats under åren. Tillsammans ska man komma fram till en enad plan på hur regleringen ska ske. Införandet av Triac-styrning ska följas upp
- Banverkets föreskrifter, standarder och handböcker, (BVF/S/H): er ska uppdateras efter den kunskap, erfarenhet och önskemål som har framkommit efter pilotinstallationerna
- Bestämna vilken enhet inom Banverket som ska slå av/på växelvärmerna så att det blir enhetligt över hela landet. Detta ska skrivas in i bestämmelserna. Idag beordrar antingen tågklararen eller eldriftcentralen detta

6.2 Energistyrning

Energistyrningen inom Banverket har idag ingen speciell enhet som har hand om effektivisering av växelvärme. Istället ingår det i avdelningen lågspänningsanläggningar. Energianvändningen inom Banverket måste ske inom kontrollerade former. Allt för länge har elenergin ansetts som en fri vara som man

inte behöver redovisa för eller spara på. Orsaken är att det inte funnits några uppsatta mål eller någon ledningsgrupp centralt inom Banverket som har hand om dessa parametrar. Om energikostnaderna redovisas enskilt för varje banregion, resultatenheter eller större byggprojekt (innefattande tunnelbormaskiner exempelvis) kommer man att kunna få igång en energistyrning. Samtliga enheter måste informeras om att energin inte är en fri tillgång och att brukaren betalar. Den som brukar energin ska betala för den (Löf 2006f och Räftegård).

Men då krävs det noggrannare mätmetoder för att kunna bestämma vad och vem som ska betala och inte schablonartade beräkningar som förekommer idag. När budskapet har spridits kommer besparingarna automatiskt. För Penangarna som blir över finansieras den nya ledningen och resten används till välbehövliga förbättringar inom bland annat underhåll av den svenska järnvägsanläggningen. En grupp måste tillföras som har hand om hela Banverkets energifrågor och ensamt har hela ansvaret. Tills dess att energistyrningen har fått en tydlig och stark roll inom Banverket bör en tillfällig grupp tillsättas som enbart arbetar med förbättringar och besparingar inom hela Banverkets anläggningar. De ska ha befogenhet för att starta nya och genomföra redan påbörjade projekt (Löf 2006f och Räftegård).

Nedanstående punkter bör införas på samtliga banregioner, resultatenheter och större byggprojekt för att stärka få igång en energistyrning (Löf 2006f och Räftegård):

- Betala sin egen energiförbrukning. Det kräver att mätning av förbrukningen måste bli precist. Alla elavtal ska ske via den centrala energistyrningens regler. Det gäller även stora byggprojekt
- Ha konkreta mål om hur man minskar förbrukningen. Målen kan sättas av de enskilda regionerna och förbrukningen eller för en större del av sektorn om det kan förbättras i anslutning till de andra regionerna. Målen ska följas upp och kunna mätas med varandra
- Ta fram relevanta nyckeltal för att följa upp de energimål man har satt upp
- Upprätta ett centralt styrande dokument som beskriver energianvändningen

För att få igång en väl fungerande energistyrning behövs en funktion som tar ansvar och har befogenheter över energianvändningen inom Banverket. Exakt vilka befogenheter måste en utredning komma fram till. Följande punkter är tänkbara (Löf 2006g och Räftegård):

- Att kunna följa upp interna mål
- Att energimålen ingår i verksamhetsmålen
- Att ansvar för energi ges till rätt befattning inom organisationen
- Att energianvändningen följs av styrande dokument
- Att sätta upp nya mål för sektorsansvaret
- Att sektorsmålet uppfylls

6.2.1 Nuläge av energistyrning

I förstudierapporten om energistyrning från 2006 gjordes en nulägesbeskrivning av Banverkets energistyrning. Energifrågorna som ska styra användningen kartlades för att se vad som fattades. Som man kan se från tabellen nedan så sker inte styrningen av energifrågan på ett systematiskt sätt. De projekt som börjar, sker alltså oftast individuellt inom regionerna tack vare engagerade medarbetare. Svagpunkten i det är att nyttig information och lärdomar förblir inom regionen eller enheten. Genom att sprida kunskap och erfarenheter kan bra idéer bli ännu bättre (Löf 2006h och Räftegård).

Typ av styrmedel	Formulering
Transportpolitiskt mål	Transportsystemets utformning och funktion skall anpassas till krav på en god och hälsosam livsmiljö för alla, där natur och kulturmiljö skyddas mot skador. En god hushållning med mark, vatten, energi och andra naturresurser skall främjas.
Regleringsbrev	Energianvändningen per utfört transportarbete på statens spåranläggningar ska minska.
Framtidsplan	Energifrågan saknas -
Policy	Energifrågan saknas -
Vision	Energifrågan saknas -
Processbeskrivning	Energifrågan saknas -
Samlad strategisk plan	Energianvändningen och emissioner av luftföroreningar från järnvägstransportsystemet ska minska per utfört transportarbete.
Arbetsordning	CF: Övergripande underhålls-, införande-, förvaltnings-, och avvecklingsystem för anläggningar som ingår i järnvägens infrastruktur, samt tillhörande styrsystem. CT: Styrning och övervakning av elanläggningarna. CBR: Förvaltning av och drift av BV's trafikplaneringssystem, elanläggningar och fastigheter samt dokumentation av dessa. Förvaltning av järnvägsinfrastrukturen enligt järnvägslagen samt anläggningsinnehav enligt ellagen. CV: Organisationsstruktur
GD's prioriterade utvecklingsinsatser	Energifrågan saknas -
Styrkort	Energifrågan saknas -
BV verksamhetsplan	Energifrågan saknas -
HK verksamhetsplan	Energifrågan saknas -
BR verksamhetsplan	Inom vissa banregioner finns regionala energieffektiviseringsmål -

Tabel 3: Nuläge av styrning av energifrågor inom Banverket. GD, (Generaldirektör Banverket), BV, (Banverket), HK (Huvudkontoret Banverket), BR (Banregion) (Löf 8 och Räftegård).

6.2.2 Banverkets processer

Följande kapitel beskriver Banverkets nuvarande arbetsprocess. Följande ligger fokus på det som har med infrastrukturen och energistyrningen att göra. Arbetsprocessen är beskriven i Banverkets handbok BVH 001.6. Banverkets processer är indelade i lednings och styrprocess, ledningsprocess och stödprocess. Oavsett hur man arbetar bör processen bygga på ett arbetssätt som är systematiskt och pådrivande med att ständigt förbättra arbetet. En stödprocess är en affärsprocess som inte i sig själv direkt bidrar till att skapa värde för företaget och dess kunder. Den krävs som stöd för att kunna utföra direkt värdeskapande kärnprocesser. Bilden nedan visar hur arbetsprocessen ser ut inom Banverket. (Banverket 2002).



Figur 7: Banverkets arbetsprocesser (BVH 1).

6.2.3 Banhållning

I processen om banhållningen är målet att järnvägsanläggningen ska ha rätt kvalitet och funktion. De som betalar för att använda Banverkets spår, samhället, kunderna och andra intressenter måste få den kvalitet som är utlovad. Kunderna till banhållning är trafikutövare, trafikoperatörer, trafikhuvudmän, resenärer och transportköpare. Även samhället, regeringen och kommunerna tillsammans med medborgare och näringsliv har ett stort intresse av Sveriges järnvägsanläggning och dess funktion (BVH 2002).

6.2.4 Tågtrafik

I processen tågtrafik gäller det att på lång och kort sikt fördela trafiken på den kapacitet man har. Målet är att tågtrafiken ska gå punktligt och säkert, avgångar och ankomster ska informeras till resenärerna och förseningar eller spårändringar ska meddelas till resenärerna. Produkten i tågtrafiken är tåglägen för trafikutövare och trafikoperatörer samt trafikantinformation för resenärerna, liksom i banhållningen är de verkliga slutkunderna resenärer och transportköpare (BVH 2002).

6.2.5 Myndighetsutövning

Inom myndighetsutövning och sektorsuppgifter ingår flera processer. Man kan skilja på två större processer. Myndighetsutövningen bedrivs med hjälp av lagar och förordningar. Detta resulterar i beslut för bland annat organisationer och enskilda enheter. De omfattas av föreskrivande verksamhet, tillsyn och handläggning av andra författningsreglerande beslut. Det är viktigt att myndighetsutövningen är rättssäker och att det råder opartiskhet och saklighet.

Exempel på myndighetsutövning är beslut om järnvägsplan, tidtabell och järnvägsinspektionens tillsyn (BVH 2002).

Sektorsuppgifter ska ta fram underlag för politiska beslut, driva på och stödja andra aktörer och följa upp utvecklingen av järnvägens transportsystem. Detta gör man mycket inom banhållning och tågtrafik men sektorsuppgifterna kompletterar. Exempel på sektorsuppgifter är forskning, utveckling, sektorsplanering, beredskaps-/försvarsverksamhet och sektorsrapportering (BVH 2002).

6.2.6 Organisation och styrning

Banverket har på direkt uppdrag av regeringen ansvaret för att tillgodose behovet hos järnvägens kunder på både kort och lång sikt. Kunderna är resenärer, transportköpare, infrastrukturförvaltare och järnvägsföretag. Riksdagen som externt styr Banverket har satt upp mål för hela transportverksamhetens och dess utveckling så att den hela tiden kan förbättras och följas upp. Dessa mål kallas för de transportpolitiska målen. Dessa mål är i sin tur uppdelade i sex delmål för att lättare kunna arbeta mot dessa och följa upp satta mål. De sex delmålen är (Banverket 2009a/ Banverket 2009b):

- Ett tillgängligt transportsystem
- En hög transportkvalitet
- En säker trafik
- En god miljö
- En positiv regional utveckling
- Ett jämställt transportsystem

På varje delmål sätter Banverket upp sina mål och jämförelsevis Vägverket sätter upp sina mål. Utöver de transportpolitiska målen sätter Banverket upp interna mål. Inom detta examensarbete beskrivs mer delmålet en god miljö i och med att den höga elförbrukningen hos växelvärmes bör sänkas. Banverket har ett så kallat sektorsansvar för järnvägsanläggningen. Detta innebär att Banverket ska agera samlande, stödjande och pådrivande i frågor om transportpolitiska mål inom hela järnvägssektorn inklusive tunnelbana och spårvägstrafik. (Banverket 2009c)

Den externa styrningen via regeringen sätter upp framtidsplaner om ca 10 år. Den nuvarande sträcker sig från 2004-2015. Planen omfattar långsiktigt Banverkets verksamheter och beskriver vilka investeringar som ska göras, hur mycket underhåll som krävs osv. Framtidsplanen är sedan uppdelad och styrs i årliga regleringsbrev som talar om vad man ska uppnå och vilka projekt som ska

påbörjas eller fortsätts på under året. Här bestäms budgeten som man har att röra sig med. Nackdelar med så korta budgetar som ett år är flera och bör ändras (Löf 2006i och Räftegård).

Den interna styrningen inom Banverket bygger på den vision, policydokument och värderingar som styrelsen har gjort. Här sätter man upp egna mål som man arbetar efter. Det gemensamma arbetssättet ska uppnå nedanstående kriterier (Löf 2006i och Räftegård):

- Främja och marknadsföra järnvägen som transportmedel
- Utforma transportlösningar
- Utveckla och underhålla anläggningar
- Planera och optimera trafik
- Leverera kapacitet och leveransinformation

Banverket styrs långsiktigt genom strategisk styrning. I den strategiska styrningen bestäms vision, värderingar, policydokument, långsiktiga planer, strategiska mål, strategier och styrande dokument. Detta sammanställs sedan i en strategisk plan som sedan ligger till grund för den taktiska styrningen som löper på 1-3 år. Den taktiska interna styrningen ser ut enligt följande (Löf 2006i och Räftegård):

- Mål som är satta att styra Banverket ska uppnås. Den strategiska planen är en viktig del för att kunna skapa en röd tråd som följer från de transportpolitiska målen, via strategiska mål, till konkreta mål för de olika enheterna
- Budgeten styr vilka resurser som ska avsättas för att nå uppsatta mål. Vanligast förekommande är att Banverket finansierar sin verksamhet via anslag, dvs. statliga pengar. Efter det kommer lån, intäkter från avgifter samt bidrag
- De regler som beskriver målen finns i BVDOK, (Banverkets dokumentsystem). Här samlas bland annat interna föreskrifter, policydokument, standarder och handböcker
- Ansvar och befogenheter ska vara tydligt för att styra upp att regler följs och att målen uppnås. Arbetsordningen fördelar uppgifter och befogenheter mellan generaldirektören och de direkt underställda cheferna samt på de lägre nivåerna i organisationen

6.2.7 Miljömål

Det finns en mängd olika uppsatta mål på olika nivåer. Allt från nationella till specifikt för en organisation eller verksamhet. I detta examensarbete beskrivs främst miljömålen eftersom det går hand i hand med energiförbrukningen. Följande beskrivs miljömålen från de olika nivåerna där man kan se hur de mer och mer specificeras. Hänsyn till temat om växelvärmes har föredragits eftersom det har att göra med detta direkt eller indirekt (Löf 2006j och Räftegård).

De nationella miljömålet i Sverige handlar om att den generation som styr landet idag ska kunna lämna över ett samhälle där de stora miljöproblemen är lösta. Som så många andra strategier av målstyrning är de nationella miljömålen uppdelade i delmål för att lättare kunna följa upp och förbättra. I miljökvalitetsmålen står det vilka tillstånd man siktar mot, meddans delmålen beskriver inriktningen och mer konkret hur arbetet ska ske. De flesta kvalitetsmålen är satta till 2010 då generationsbytet närmar sig. I de nationella miljömålen står det beskrivet att man ska hushålla med energin och att utforma anläggningar på ett miljöanpassat sätt. Vilket betyder att växelvärmes anläggningar ska drivas miljövänligt vilket det oftast gör då den värms upp av elkraft som är grön. Förbrukningen måste dock bli mycket mindre och effektiviseras (Löf 2006j och Räftegård).

I de transportpolitiska miljömålen står det att transportsystemet ska vara utformat och fungera så att de nationella miljökvalitetsmålen nås.

I Järnvägssektorns miljömål står det att Banverket har sektorsansvaret. Detta betyder att de ska agera pådrivande och samordnande och stödjande det gäller järnvägens miljöpåverkan. Alla sektorer järnvägssektorn har ett eget ansvar att utveckla miljöarbetet så att det sammanlagt får resultat och går mot en hållbar utveckling. Järnvägssektorn har tillsammans enats om följande punkter (Löf 2006j och Räftegård):

- Järnvägstransporter ska även i framtiden vara ett miljövänligt och hållbart val
- Järnvägssektorns miljöpåverkan och energianvändning ska minska

För att genomföra ovanstående punkter vill järnvägssektorn vårda och vidareutveckla järnvägstransporternas goda miljöprestanda och planera varje åtgärd med hänsyn till miljön. I Banverkets miljömål står det att järnvägen ska bidra till en god miljö där järnvägens utformning och funktion anpassas till kraven på en god och hälsosam livsmiljö för människor, djur och natur. Känslig natur och värdefulla kulturmiljöer ska tas vara på. För Banverket gäller det även att inte slösa med vare sig mark, vatten, energi eller andra naturresurser. Järnvägstransportsystemet ska såsom i järnvägssektorns mål bidra med en järnväg som är utformad så att de nationella miljökvalitetsmålen uppfylls. Specifikt inom

energianvändningen råder klart och tydligt att målet är att energianvändningen per utfört transportarbete ska minskas på statens spåranslagningar. Energianvändningen mäts i kW och ska redovisas för varje område och förbrukare. Som uppföljning ska Banverket årligen redovisa vilka åtgärder som man har genomfört för att effektivisera den totala energianvändningen (Löf 2006j och Räftegård).

7 Inköp av elkraft

Banverket inhandlar all elkraft centralt för både eget behov, trafikutövarnas, Jernhusens fastigheter (Före detta SJ fastigheter) och andra externa kunder som är anslutna till hjälpkraft. Jernhusen utvecklar stationsmoråden, underhållsdepåer och godsterminaler längs Sveriges järnvägsnät. All elkraft som Banverket köper kommer från den nordiska elbörsen Nordpool. Så har det varit sedan avregleringen av elmarknaden. Avregleringen av marknaden skulle ge lägre priser men så har inte fallet varit. Sedan starten då Banverket började köpa elkraft från Nordpool har priset blivit mer än 2,5 gånger dyrare. Nordpool sätter ett normalt pris varje timme med hänsyn till utbud och efterfrågan. För att stabilisera priserna har Banverket tecknat olika terminskontrakt som löper upp till 5 år. Inköpen sköts genom den administrativa avdelningens sektion Juridik och Upphandling (Löf 2006k och Räftegård).

En handbok BVH840 som ska beskriva det administrativa i elleveranser av i huvudsak elenergi som används till annat än tågdrift planeras att ges ut. Detta innefattar bland annat växelvärmes. Den totala kostnaden för inköpen uppgår idag till ca 1 miljard kronor årligen (Löf 2006k och Räftegård).

7.1 Mätning och avräkning

Mätning och avräkning av förbrukad energi hanteras även av avdelningen Juridik och Upphandling. Elnätsföretagen mäter energin i de uttagspunkter som är utspridda på nätet. Utagspunkterna är ca 3200st. Majoriteten (ca 3050st) av alla mätpunkter/uttagspunkter läses av årligen av schablonuppskattat. Resterande läses av en gång per dygn uppdelad per timme, så kallad timmätare. Inom Banverket fördelas senare elen till största del även här schablonartat och bara till viss del via egna interna energimätare. Egna interna mätare är ett krav för att kunna redovisa den elenergin som är belagd med skatt. För att kunna effektivisera energiförbrukningen måste förbrukningen kunna härledas bättre från samtliga förbrukare. Det ekonomiska underlaget baseras med hjälp av schablonmodellen (Löf 2006l och Räftegård).

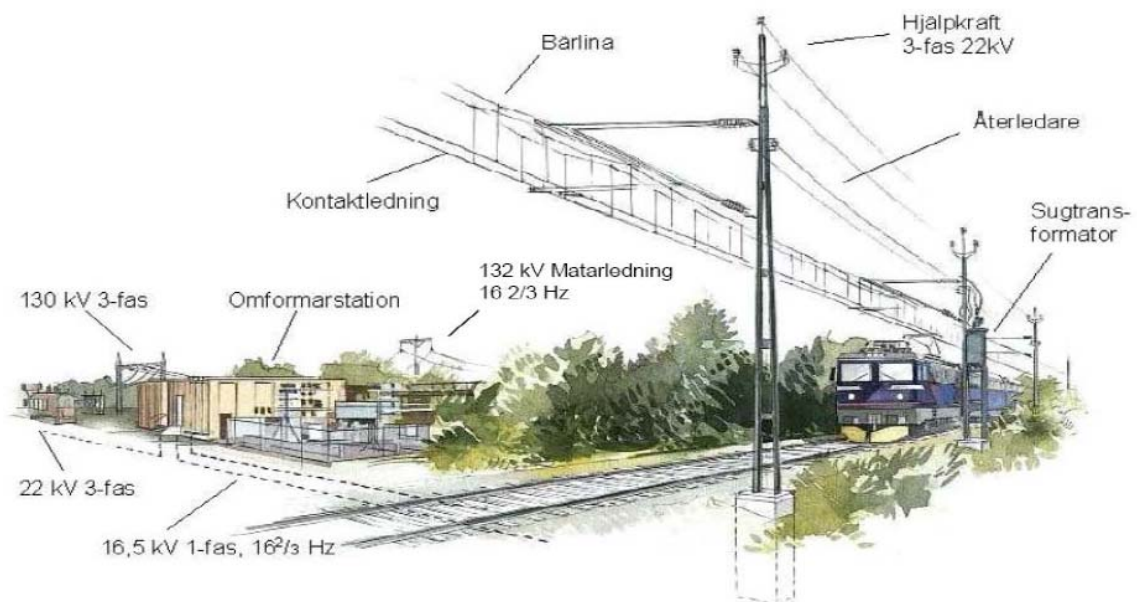
7.2 Kraftförsörjning

Växelvärmes drivs nästan uteslutande elektriskt. Då hjälpkraften finns tillgänglig används den. 22kV transformeras ner till 50Hz 230V växelström. Ett fåtal 16^{2/3} Hz anläggningar är fortfarande i drift. Då inte hjälpkraften finns, kopplar man

upp sig mot det lokala ortsnätet. Nästa kapitel beskriver hela energik kedjan från leverantör till förbrukare (Lindgren 2008).

8 Energianvändning

Banverket ansvarar för all kraftförsörjning på järnvägsanläggningen. Det består av banmatning och hjälpkraft. Banverket förbrukar årligen mellan 2,25-2,5 TWh elenergi till en ungefärlig kostnad på 1 miljard kronor. Elenergiförbrukningen motsvarar 1,5 % av den totala användningen i Sverige. Det mesta av energin går åt till tågdriften, ca 2,0 TWh. Infrastrukturen förbrukar ca 220 GWh och Banverkets fastigheter drygt 50 GWh. Bilden nedan visar hur distributionen och omformningen av elkraften från leverantör till förbrukare går till (Löf m och Räftegård).



Figur 8: Illustration av elkraftsdistributionen från leverantör till förbrukare (Löf 2006m och Räftegård).

8.1 Banmatningssystemet

Banverket köper normalt sin energi från landets 130 kV:s, 3-fas, 50 Hz spänningsnivå. Detta ger tillförlitlig leverans från elleverantören då det förekommer mindre risk för driftavbrott då det stora nätet prioriteras i Sverige om något skulle hända. Energipriset blir även lägre jämfört med att köpa in energin på en lägre spänningsnivå. Inköpen kommer till en av Banverkets ca 50 inmatningspunkter. Dessa inmatningspunkter benäms med andra ord som omformarstationer vilka omformar energin till 16,5 kV, 1-fas 16^{2/3} Hz som matas ut till kontaktledningssystemet för drift av tågtrafiken. Under transporten av spänningen till kontaktledningssystemet tillkommer en del förluster. Därför matar man ut 16,5 kV för att vara säker att spänningen vid kontaktledningen

nominellt är 15 kV. Anledningen till att frekvensen är $16^{2/3}$ Hz är enbart historisk beroende på att dåtidens traktionsmotorer krävd en lägre frekvens (Lindgren 2008).

8.2 Hjälpkraft

Hjälpkraften är vanligtvis ett 3-fas, 22 kV, 50 Hz system som matar signalutrustning, teknikhus, växelvärm och bangårdsbelysning med elkraft. Det finns även hjälpkraft som matar ut 11 kV och hjälpkraft med 2-fas. Hjälpkraften är vanligtvis uppsatt i samma kontaktledningsstolpe som kontaktledningssystemet längs järnvägen. Där en anläggning behöver el placeras en transformator uppe i en intilliggande kontaktledningsstolpe som transformerar ner spänningen till lämplig nivå, oftast 230 V. Där inte hjälpkraft finns använder man sig av det lokala ortsnätet (Lindgren 2008).

8.3 Infrastruktur

Elanvändningen för Banverkets infrastrukturanläggningar uppgår årligen till ca 215 GWh. Till detta räknas signalanläggningar, teknikhus, växelvärm och bangårdsbelysning. Normalt tas energin från hjälpkraften. Om den inte finns tillgänglig används det lokala ortsnätet. Knappt 160 GWh tas från hjälpkraft, 50 GWh från ortsnät och 10 GWh från Jernhusens fastigheter (Löf 2006n och Räftegård).

8.3.1 Växelvärm

Växelvärm är en viktig funktion i en växel för att hålla denna fri från snö och is runt de rörliga delarna. För att värma växeln används mestadels elektrisk värme. Fördelen med elvärme är att den kräver lite underhåll jämfört med andra uppvärmningsmetoder som gasvärmning och luftaggregat. Nackdelen med elektrisk uppvärmning är att den är mycket effektkrävande. Den installerade effekten i växlar varierar mellan 3,6 till 23 kW. Allt beroende på växels storlek och uppvärmningsbehov. Strömmen kommer vanligtvis från hjälpkraften via transformatorer eller från lokala elverk. Anläggningarna matas med 50 Hz växelström på 230 V. Enstaka anläggningar har kvar frekvensen $16^{2/3}$ Hz (Gustavsson 2009b).

Samtliga fjärrstyrda spårväxlar är utrustade med elvärme för att säkerställa funktionen vintertid. Det är inte rimligt att försäkra sig till 100 % mot extrema vintrar med extrem nederbörd. Detta är olönsamt och skulle kosta väldigt mycket pengar. Här krävs istället idéer som inte kräver någon energi men som ändå hindra att snö driver in i området kring växelns rörliga delar. Effekten skulle behöva höjas ytterligare om man skulle försäkra sig mot extrema vintrar. Energianvändningen i växelvärm måste istället minska då många förbrukar onödigt mycket energi. Det totala antalet spårväxlar med elektrisk uppvärmning är ca 7000 med en total installerad effekt på ca 70 GW. Bara på ett år uppskattas förbrukningen ligga på ca 100 GWh. Förbrukningen kan idag inte bestämmas exakt eftersom förbrukningen fördelas schablonartat (Löf 2006n och Räftegård).

För att växelns inte ska vara igång dygnet runt har man på de flesta ställena installerat styrsystem som går igång och pulsar ut önskad effekt under en viss temperatur och tid. Följande system används idag för att styra växelvärmens (Löf 2006n och Räftegård):

- Termostat styrning
- Hel/halveffekt styrning
- Styrning med hjälp av styrdon med lufttemperaturgivare och nederbördsgivare
- Styrning med hjälp av styrdon med rälstemperaturgivare och nederbördsgivare
- Lokala varianter

Från växelvärmesinspektioner har det rapporterats att uppmätningar på 30- 50°C i växelns. Exempel finns där växelvärmens har varit i full drift trots att omgivningstemperaturen varit över 10°C. Detta betyder att det finns besparingspotentialer både när det gäller teknik och kunskap om användning (Löf 2006n och Räftegård).

Den som beordrar att sätta igång eller stänga av växelvärmens är antingen eldriftledaren, tågdriftledaren, fjärrtågklararen eller utav personal vid växelns. Hur styrningen ska ske i framtiden är inte specificerat (Löf 2006n och Räftegård).

8.3.2 Växelvärmeprojekt

Inom Banverket har det varit på tal om att testa sig fram till nya uppvärmningsmetoder men ingenting har skett. Det ända som har skett är införandet av det nya webb- baserade systemet och nya styrdon. Själva uppvärmningen med element som kläms fast på rälen är fortfarande snarlikt den från 50- talet (Gustavsson 2009b).

De senaste åren har ett antal mindre projekt genomförts i Sverige för att förbättra tillförlitligheten och sänka förbrukningen. Projekten sker oftast inom de egna banregionerna utan något större samarbete med övriga. År 2003 startade projektet "Kraftsamling underhåll" där målet var att utreda vilka åtgärder som kunde höja punktligheten på tågen. Detta skulle främst åstadkommas genom att bättre planera underhåll och mer förebyggande underhåll istället för att utföra kostsamt oplanerat underhåll med driftstörningar som följd. I projektet ingick att titta på hur växelvärmens kunde bli mer driftsäkrare och tillförlitlig. Punktligheten har fortfarande inte blivit bättre idag och för lite resurser sätts fortfarande på förebyggande underhåll. Resultatet av studien av växelvärmeförbättringen blev då

införandeplanen av ett nytt Triacdon tillsammans med ny nederbördsgivare som bättre skulle mäta och styra växelvärmern (Löf 2006n och Räftegård):

- Under 2004 fördes det nya styrdonet in tillsammans med den nya nederbördsgivaren in på stråk 7, dvs. stambanan genom övre Norrland på BRN (Banregion Norr). HK, (Banverkets Huvudkontor) delfinansierade projektet eftersom järnvägen årligen stod för flest felrapporter av krånglande växelvärmearläggningar. Hur stor andel som HK betalade är okänt, men enbart materialkostnaderna uppgick då till 1,75 miljoner kronor. Totalt fanns det 320 Triacdon och 130 nederbördsgivare
- Åren efter införandet av nya styrdon och nederbördsgivaren på stråk 7 genom övre Norrland fortsatte införandet på övriga regioner. Införandet skedde i jämn takt och fördelades procentuellt med hänsyn till hur många anläggningar man hade i regionen. Totalt fördes det årligen in ca 2000 Triacdon och ca 250 nederbördsgivare per år

Idag har det gått 5 år sedan införandeplanen av modernare styrdon och nederbördsgivare. De flesta växlarna är kompletterade men det finns ingen enhetlig plan på hur den har följts och framförallt finns ingen uppföljning av hur den nya styrtekniken fungerar i praktiken. De erfarenheter som har samlats i varje enskild banregion har inte spridit sig till andra. På så sett kan man inte ta del av nyttig information. Tillsammans skulle funktionen bli mycket bättre. Tack vare att ingen fungerande systemförvaltning fanns/finns vid införandet så går informationen inte vidare från entreprenörerna som installerade tekniken åt de regionala förvaltarna till den centrala ledningen inom Banverket (Löf 2006n och Räftegård).

8.3.2.1 Solidstitrelä

De nya styrdonen som ersatte de äldre styrdonen med TRIAC har installerats på de flesta hållen i Sverige. De nya styrdonen som delvis fortfarande går under namnet TRIAC, men även TD 4075 inom Banverket även om de inte är TRIAC- don. I verkligheten är de solidstitreläer. De nya styrdonen tål mycket högre ampere- tal än vad de gamla styrdonen gjorde och är på så sätt mycket driftsäkrare och håller längre. De gamla donen hade en övre gräns på 28 ampere och gick mycket lätt sönder. Med de nya sparar man in underhålls- och reparationskostnader. I den nya versionen kan man använda sig av antingen den normala 0- 10 V styrningen eller låta det styras via dator. Fördelen med att styra via dator är att växlarna kan läsas som individer och går att övervaka och göra inställningar på annat håll (Gustavsson 2009b).

8.3.2.2 Borstar

Drivsnö har länge varit ett problem för Banverkets spårväxlar. Speciellt där landskapet är flackt kan stora mängder snö samlas i höga vallar. För sådant

snödjup som kan uppstå är inte växelvärmens dimensionerad för. Det skulle dessutom vara oekonomiskt att höja effekten så att stora högar av drivsnö skulle kunna smältas bort. Istället får man sätta upp fysiska hinder som stoppar snö från att komma till spårväxeln. Hinder behöver inte vara stora utan de ska vara utvecklade så att luftströmmarna bryts/ändra riktning så att snön samlas innan växeln. En svenska uppfinning som nu testats ett par år ska också förhindra att drivsnö blockerar växeln. Här monterar man istället grova borstar på 10-15 cm höjd längs med båda sidorna av spårväxeln's stödräler och växeltungans rörliga del. Borstarna ska vara effektiva mot yrsnö. Andra fördelar är att de får användas i spår med högre sth, (största tillåtna hastighet) än 160 km/h och att de inte behöver monteras ned under sommaren. Traditionella snöskydd med lock eller presenningar som monteras under vinterhalvåret får bara användas i spår med sth 160 km/h eller mindre. Skydd med presenning eller lock isolerar dock mot kyla lite bättre än borstarna. Borstarna tätar effektivt från underkanten av banvallen så att inte snö kryper in underifrån och borstarnas topp från att snön från sidan inte ska driva in. Idén kom för sju år sedan då en anställd inom Banverket lämnade in ett förbättringsförslag. För ett år sedan hade 131 växlar runt om i landet utrustats med det nya snöskyddet. Skydden är av enkel konstruktion och håller längre än traditionella snöskydd. Banverket sparar årligen 3,5 miljoner kronor på den nya förbättringen. Den anställde inom Banverket fick en belöning på 520 000 kronor. Borstarna ska ersätta det gamla systemet med presenning och lock (Ekman 2009).



Figur 9: En växel på Ängelholms station i Skåne som är utrustad med borstar som skyddar mot drivsnö. I Skåne är drivsnö ett problem eftersom landskapet mestadels är flackt.

8.3.2.3 Webbaserade system

Ett WebMaster system kan användas till styrning av växelvärme. Vid ombyggnation eller nyinstallation finns det ett standardiserat webbaserat styrsystem för växelvärme att installera. Med detta system kan man via internet övervaka och styra en värmeanläggning vilket har visat sig effektivt. Fördelen är bland annat att man inte behöver skicka ut personal till växeln varje gång den ska ställas in eller slås av/på. En annan fördel är att man tack vare noggrannare övervakning och automatiserad intelligent styrning kan aktivera växelvärmerna när det verkligen behövs och på så sätt spara energi. År 2006 fanns ett 20-tal anläggningar av denna typ. Stockholm central använder sig bland annat av detta system på deras växlar (Banverket 2005a).

WebbMastersystem kan styras på två olika sätt. Antingen via en styrsignal på 0-10 V direkt från de analoga utgångarna eller via kommunikationsporten RS485.

Vid styrning av styrsignal på 0-10 V pulserar växeln med värme olika länge beroende på vilken spänning som skickas ut. 10 V signalerar att växeln inte ska pulsera värme, 9 V ska värmen pulsera i 18 sekunder, 5 V i 1,5 minuter och 0 V innebär 3 minuter. En WebMaster är utvecklad med en liten webbserver med hemsidor. På så sätt kan behörig personal enkelt logga in på internet över allt i världen och ställa in växeln samt kolla statistik. För mindre kontrolleringar av växels tillstånd kan man sköta detta på plats via installerad operatörspanel. Utveckling pågår med att förbättra operatörspanelens möjligheter så att enklare inställningar kan göras. Annars kan man koppla upp sig med växelvärmens på plats via en bärbar dator (Banverket 2005a).

BRÖ, (Banregion Öst) påpekade efter en utredning om att sänka energiåtgången i växelvärmearläggningar att det nya webb- baserade systemet skulle sänkas energianvändningen med 40 %. Detta jämfördes med ett ESJ 4065 system. Utredningen skedde 2003. Med det nya systemet förhindras även att övertemperaturer uppstår vid en växel. Övertemperaturer försämrar smörjningsegenskaperna på en växels rörliga delar vilket gör att den slits snabbare och fler fel uppstår (Löf 2006n och Räftegård).

8.3.2.4 Skillnad mellan gammal och ny reglercentral

Skillnaden mellan det gamla styrsystemet ESJ 4065 och det nya WebMaster är att det gamla styrde värmen i växeln efter utetemperatur. Med hjälp av vridreglage kunde man ändra önskad temperatur på rälsen i förhållande till utetemperatur. En bild på hur reglagen ser ut och hur inställningen kan vara ställd på syns på nedanstående bild. Vid snöfall så kopplades denna reglering ut och växelvärmens gick på full effekt så länge det snöade och en timme efteråt (Banverket 2005b).

8.3.2.5 Kostnader

Vid nybyggnation, ombyggnad eller uppgradering installeras det nya Webmaster- systemet. Själva styrningsenheten kostar 9211 kronor. Där ingår strömförsörjningsanordning, 1 utegivare och två rälsgivare. Skåpen som växelvärmestyrningen placeras i finns med plats för 2, 6 eller 12 styrdon. Det största skåpet kostar 59450 kronor exklusive styrdonen som kostar 2974 kronor per styck. I det största skåpet ingår en snödetektor och styrningsanordning. Varje växel kräver 1-2 styrdon beroende på växels storlek och installerad effekt. Den äldre reglercentralen ESJ 4065 kostade 3647 kronor. Vid kostnadsberäkning tillkommer kabeldragning och kostnader för dokumentering och ändring av ritningar (Gustavsson 2009b).

9 Ansvarsfördelning

Idag finns det ingen tydlig ansvarsfördelning då det gäller energifrågor hos Banverket. För att effektivt kunna styra utveckling och frågor behövs det snarast upprättas tydlig ansvarsfördelning. Idag ser ansvarsfördelningen ut enligt nedan (Löf 2006o och Räftegård):

Juridik och Upphandling:

- Inköp av elenergi
- Hantering av nätfakturor
- Fakturering av elkostnader för annat än trafikutövare, dvs. upphandlad tjänst
- Fakturering av trafikutövarnas elkostnader

Järnväg, samhälle och Miljösektionen:

- Strategimål angående energi och emissioner

Banförvaltning och Underhållssektionen på HK, (Huvudkontoret):

- Ansvar för övergripande frågor angående drift och underhåll av infrastrukturanläggningen.

Järnvägssystem och Elkraft:

- Energiförlustberäkningar, berör främst tågdriften
- Tekniska krav på apparater i kraftsystemet
- Tekniska krav på fordon
- FUD- projekt, Forskning Utveckling och Demonstration

Ekonomiavdelningen:

- Administration av den ekonomiska avräkningen

Banverket Trafik:

- Ansvar för tågplanering och upprättande av tidtabeller
- Ansvar för eldriftledarna
- Ansvar för tågdriftledarna

Banregionerna:

- Investeringar i infrastrukturanläggningar

- Ansvar för drift och underhåll inom regiongränserna

10 FUD

FUD står för Forskning Utveckling och Demonstration och växer sig allt större idag inom Banverket då kraven samtidigt ökar teknisk funktion och effektivitet. FUD behövs bland annat för att Banverket ska kunna uppfylla det sektorsansvar man har för spårtrafiken i Sverige och uppgifter inom banhållnings- och tågtrafikområden. Tyngdpunkten för verksamheten ligger inom forskning och de har kontakter med olika aktörer inom järnvägssektorn och forskningsfinansiärer runt om i världen. År 2006 omfattade verksamheten ca 90 miljoner kronor. Forskningen har sin mittpunkt i programmet mellan åren 2007-2011 för att klar av alla mål som är satta. Växelvärmeanläggningar innefattas då sektorsmålet är att energianvändningen ska minska. Inom infrastruktur ligger tyngdpunkten för satsningarna på drift och underhåll. Inom elkraft fokuseras det på bland annat energieffektivisering (Löf 2006p och Räftegård).

Men det är inte enbart anläggningens tekniska prestanda och effektivitet som ska förbättras. Intressant är hur drivkrafterna ser ut idag då det gäller att hushålla med bland annat energi. På denna punkt kan man förbättra sig mycket. Inom växelärme gäller det exempelvis att kunna styra de system man har effektivare och inte enbart förlita sig på teknisk prestation. Idag saknas det en samlad analys av möjligheter att effektivisera inom energiförbrukningen. Det är viktigt att FUD är starka på denna punkt då många förbättringar ska komma härifrån. Inom elkraft och elektrisk styrning förväntas forskningsinsatser bidra till ökad energieffektivitet i järnvägsanläggningar. Forskningen sker oftast med gemensamt engagemang och initiativ med övriga europeiska länder (Löf 2006p och Räftegård).

11 Effektivisering och besparing

Verksamhetsmålen säger att energibesparingar och energieffektiviseringar ska genomföras för samtliga transportslag. Banverket skriver själva i de senaste årsredovisningarna att energiåtgången per utfört arbete ska minska. Följande kapitel beskriver de huvudsakliga besparingsområdena som antingen håller på att genomföras, eller bör genomföras.

11.1 Styrning och reglercentral

Då den idag äldre reglercentralen ESJ 4065 ersatte den ännu äldre styrningen med hel/halveffekt och termostattstyrning uppmättes besparingar på 60 %. Idag då ESJ 4065 ersätts med webbaserade system är besparingen 50 % i energikostnader. Trots höga besparingspotentialer och energikostnader finns det fortfarande ett par anläggningar kvar som styrs med de allra äldsta systemen, termostat och hel/halveffekt och förbrukar stora mängder energi i onödan. (Gustavsson 2009b).

11.2 Testfunktion

En gång om året ska samtliga växelvärmearläggningar kontrolleras och funktionstestas innan vintersäsongen. För att testa att elementen fungerar finns en så kallad testknapp på växlar utrustade med ESJ 4065 och IMSE Webmaster. Testknappen för IMSE Webmasteranläggningar är kopplad till samma ingång som Turbo- knappen vilket innebär att anläggningen även här går igång med full effekt i 4 timmar. För dessa 4 timmar finns det ingen återställningsknapp. Enda sättet är att nollställa minnet men då förloras all historik över larm och händelser. Aktiveras testknappen är underhållspersonalen låst och kan inte testa mycket annat på anläggningen. För ESJ 4065 anläggningar är testtiden samma som tiden för eftervärme, dvs. 30, 60 eller 120 minuter. Att testa om elementen fungerar kan lösas på ett mycket enklare och snabbare sätt där man sparar energi. Fyra timmar är alldeles för lång tid för ett så enkelt funktionstest. En växel med installerad effekt på 23 kW förbrukar under fyra timmars full effekt 92 kWh (Gustavsson 2009b).

Bo- Inge Gustavsson som undervisar i lågspänningsanläggningar på Järnvägsskolan i Ängelholm har utarbetat ett förslag angående testfunktionen på växelvärmeskåp IMSE Webmaster. Beroende på vilken typ av rälsgivare som är installerad (Abelko eller Müller) så skiljs förslaget åt. På Abelko- givaren kan en testknapp kortsluta ingången för en av givarna när man behöver testa anläggningen. Full effekt används bara under den korta tid som strömställaren kortsluter ingången. För Müllergivaren installeras en testknapp som bryter kretsen på en av rälsgivarna då man testat anläggningen. För att förhindra att strömställaren glöms i testläget kan en tidskrets installeras som begränsar testtiden till max 30 minuter. Resterande 3,5 timmar som blir över låter underhållspersonalen flexibelt disponera tiden till andra kontroller på anläggningen. Förslaget har lämnats till Banverkets förslagsenhet i januari 2009 (Gustavsson 2009b).

11.3 Element

Värmeelementen som löper längs rälerorna är tunna, känsliga och orsakar flest störningar i en växelvärmearläggning. Ett värmeelement kostar mellan 325- 525 kronor beroende på längd och effekt. Varje år beställer materialservice in ca 5000 element varav endast ca 1500 går till nyinstallationer. Resterande 3500 används till felavhjälpning. Till materialkostnaden tillkommer personalkostnad och arbetstid. Järnvägsanläggningen måste tåla stora påfrestningar när det gäller klimat, vibrationer och slag från exempelvis flygande makadam eller isblock från passerande tåg. Som materialplanerare måste man köpa in produkter som tål att vistas i järnvägsmiljö.

12 Utveckling i Europa

Tillförlitlig uppvärmning av spårväxlar behövs i hela Europa. Klimatet är olika från land till land men behovet av säker funktion av spårväxlarna vintertid är alltid lika stort. Valet av uppvärmningsteknik grundar sig på landets olika energitillgångar och vilken typ av vintrar man har. I regel kan man säga att elektrisk energi används för uppvärmning av växelvärmearläggningar. I ett par länder kompletteras uppvärmningen av gas eller luftblåsare mer eller mindre. Man kan konstatera att styrning och utveckling av uppvärmningsteknik är mer framskriden i en del europeiska länder jämfört med Sverige.

12.1 Tyskland

Tyskland är ett stort nav i det europeiska järnvägsnätet och vad det gäller teknisk utveckling är de i toppen i hela världen. Tysklands järnvägsnät har en längd på över 41 000 km, dvs. ca fyra gånger Sveriges nät. År 2003 var antalet personkilometrar 71,3 miljarder och godstrafiken 79,8 ton/km. Det ställer stora krav på en funktionsduglig anläggning. (Kirchner 2005).

I Tyskland finns det drygt 64 000 spårväxlar som är uppvärmda. Valet av uppvärmningsmetod har delvis att göra med tillgången i närområdet om det finns el eller inte. Till ca 90 % sker uppvärmningen med hjälp av elektricitet. Resterande växlar värms främst upp med hjälp av gas, därefter jord/bergvärme och fjärrvärme (Frenzel 2007a).

12.1.1 Gasvärme

Uppvärmning av gas är idag den andra största metoden efter elektricitet i Tyskland. Gasen som används är antingen propangas eller naturgas. Propangasanläggningar drivs antingen med hjälp av transportabla behållare på 300 kg eller större stationära tankar på upp till 105 ton. Naturgasanläggningar kräver vanligtvis anslutning till ett närliggande kommunalt nät. Gasanläggningar i Tyskland är normalt konstruerade enligt infrarödprincipen. Funktionen är som solens strålar då den bara värmer upp den yta som den träffar och är riktad mot. På så sätt minskar man värmeförluster då omliggande luft skulle ha värmts upp i onödan. Skulle omgivningsluften bli uppvärmd hade temperaturgivare detektera en felaktig temperatur och skicka fel signaler till apparatskåpet som styr växelvärmens. Den tyska järnvägsförvaltningen har genom åren föredragit gasanläggningar i regioner med extrem nederbörd. Anledningen är att Gasvärme har en upp till tredubblad värmeeffekt jämfört med elektrisk uppvärmning. Att dimensionera en elektrisk växelvärmearläggning för extrem nederbörd är mycket dyrt.



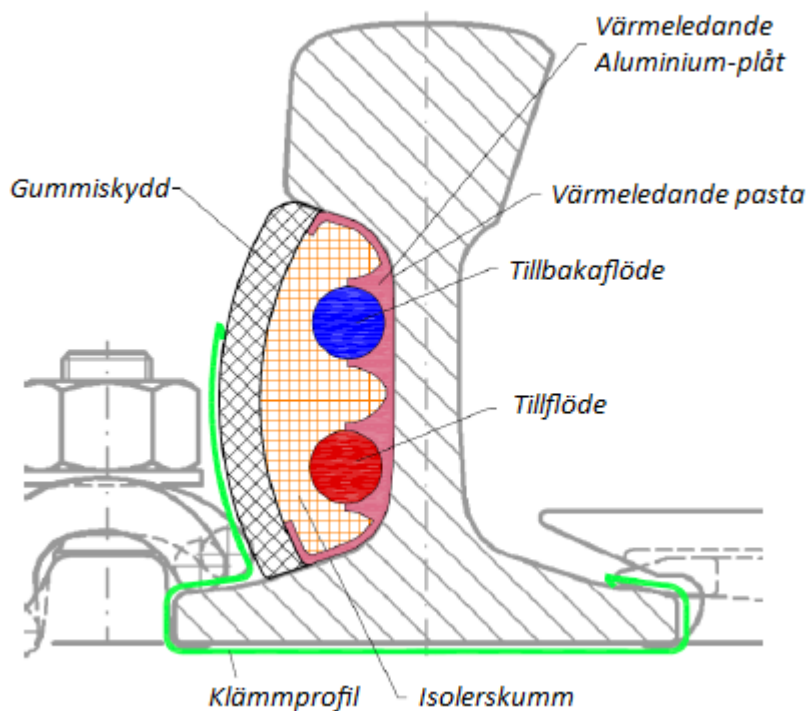
Figur 10: En tysk gasdriven växelvärmearläggning med infraröd princip som värmer växelutgången. Gasvärme föredras i Tyskland i regioner med extrem nederbörd eftersom den har en tredubblad effekt jämfört med elektriska anläggningar.

12.1.2 Geotermisk växelvärmearläggning

Geotermisk energi finns lagrad i jordskorpan och går att utvinna som värmeenergi. I Tyskland har man börjat utvinna denna rena energi för att värma upp sina växlar. Pilotprojekt som började genomföras för ett par år sedan har visat på mycket goda resultat och stora besparingar jämfört med den energikrävande el-anläggningen. Vid geotermisk växelvärmearläggning utnyttjas värmen mestadels från djupa jordskikt på ca 100 m där grundvattentemperaturen alltid är ett par grader varmt oavsett säsong. Temperaturer i grundvattnet brukar ligga på 6-12°C eller högre beroende på region. Hur djupt man borrar beror på var man finner tillräckligt med grundvatten. Ju större flöde det är i grundvattnet och ju högre vattentemperatur desto mer värme kan utvinnas och anläggningen kan prestera bättre. Om skillnaden mellan grundvattentemperaturen och marktemperaturen är låg behöver inte anläggningen jobba lika hårt (Frenzel 2007b).

En geotermisk anläggning består av tre huvudkomponenter. Den vertikala värmepumpen som går i en slinga i borrhålet från grundvattnet och upp igen, värmepumpen som utvinner värmen från den vertikala värmepumpen och värmepumpen vars värmeslingor löper längs med rälererna och tillbaka till pumpen. De två slingorna separeras. Värmepumpsystemet vid rälererna är konstruerat så att minimala värmeförluster sker och att systemet är enkelt att montera och

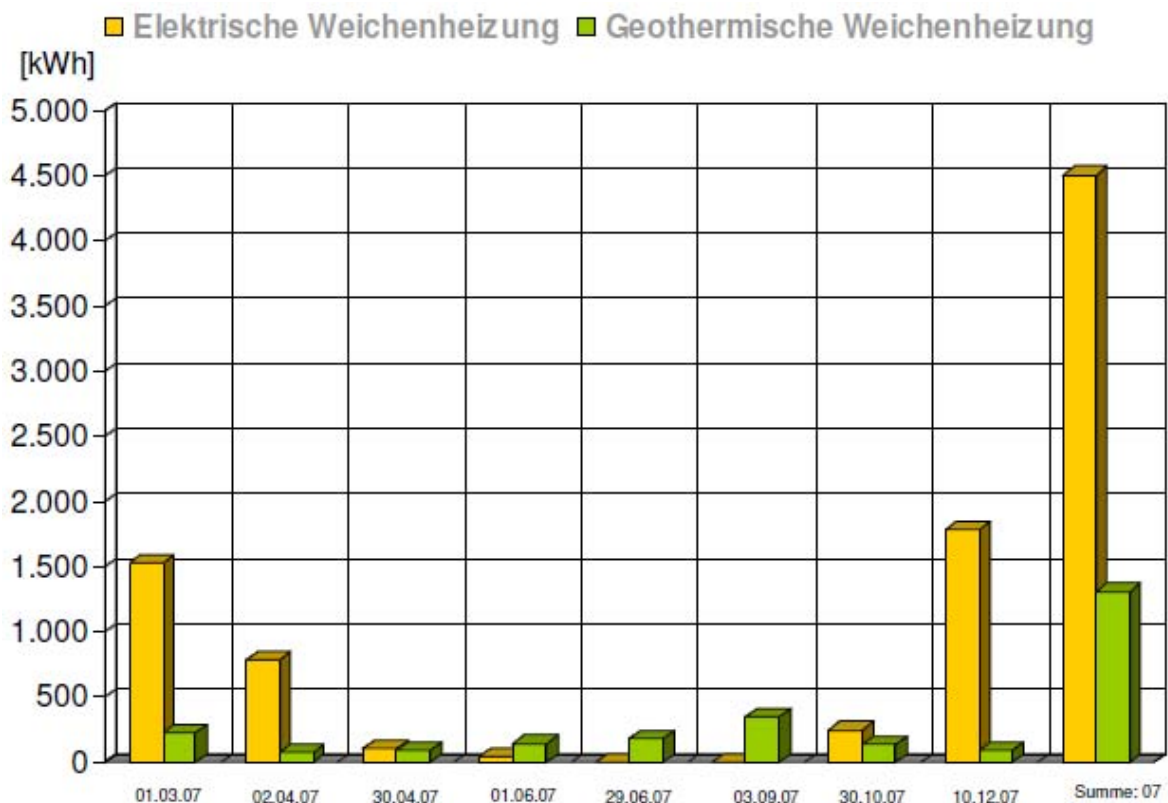
demontera vid underhåll. Under rälsfoten kan man montera hårt isolerskum med gummihölje för att minska värmestrålningsförlusterna. Skummet monteras endast under de fria ytorna på rälsfoten mellan slipersen föra att inte påverka stabiliteten mellan räl och sliper. I borrhålet sänks ett rör som ansluts till en värmepump uppe på ytan. Är värmebehovet större så borrar man två hål. Inuti röret cirkulerar en vätska som har goda egenskaper för att ta åt sig värme. Värmepumpen på ytan utvinnet den uppvärmda vätskan hämtad från botten och matar sedan värmesystemet och växeln med värme. Längs rälen fästes cirkulerande rör som alstrar värmen. För driften av geotermisk växelvärmesystem behövs därför ingen energi för att alstra värme. Enda nödvändiga energin som krävs är den för att driva värmepumpen. Med denna typ av anläggning ligger besparingskvoten på 50 % och uppåt, jämfört med gas och elektriskt uppvärmda anläggningar (Frenzel 2007b).



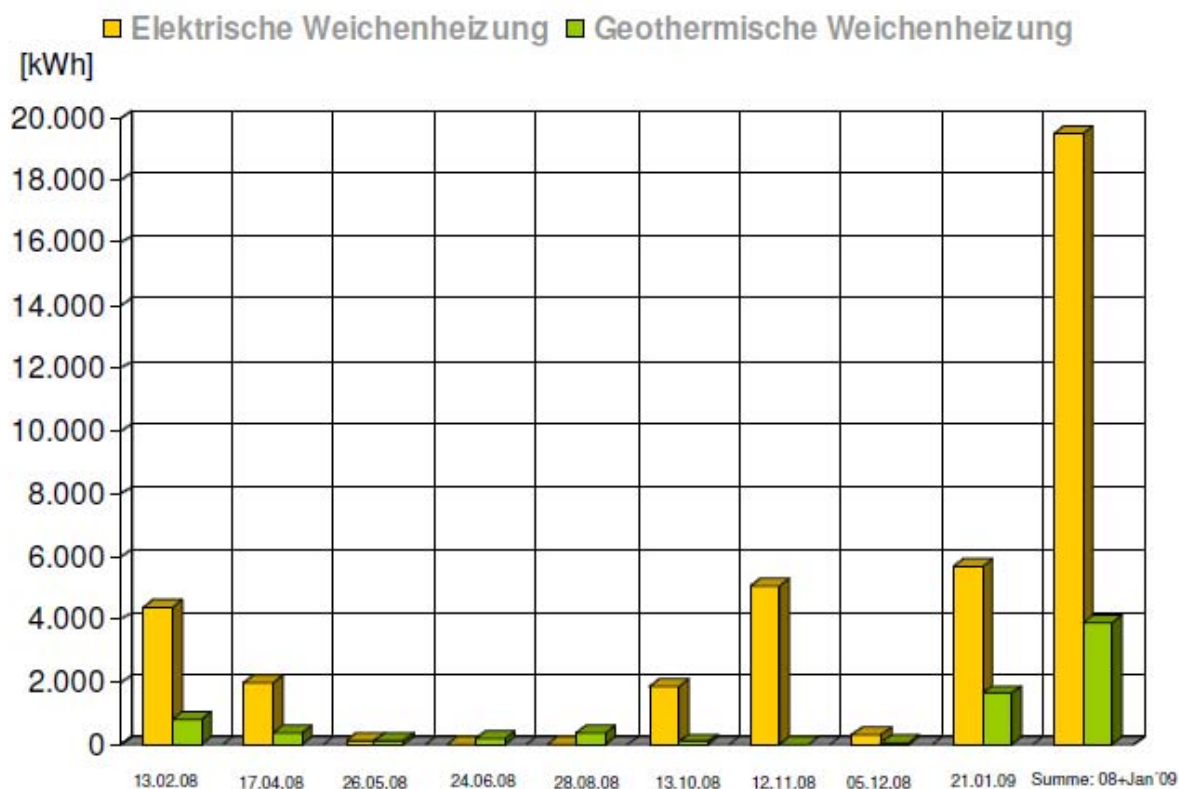
Figur 11: Illustration av hur värmeutbytet sker mellan värmeslingan och rälen (Frenzel 2009c).

I tyska Holzminden togs den första geotermiska växelvärmesystemet i drift i januari 2006 på uppdrag av Deutsche Bahn, DB. Projektet fungerade som ett pilotprojekt där man vill demonstrera anläggningen och jämföra den med elektrisk växelvärmesystem. Att det blev just Holzminden har att göra med att bergrunden var svår att borra i och man ville visa att tekniken verkligen fungerar. För att jämförelsen skulle bli jämn använde man sig av två intelligenta växlare. Den ena värmesystemet med elektricitet och den andra med geotermisk energi. Systemet bestod av tre huvudkomponenter. En värmeslinga i marken, en värmepump och en värmeslinga vid rälsorna. I Holzminden borrar man ca

100m och fann grundvatten med en temperatur på 6-12°C. I Rören som löper i det borrhålet och längs rälerna cirkulerar en miljövänlig vätska som tillsammans med värmepumpen matar växeln med upp till 65°C. Rören längs rälerna är värmeisolerade för minsta möjliga förluster. För driften av dessa anläggningar förväntar man sig tydliga besparingar på upp till ca 65 % jämfört med traditionella system. Upp till 8 växlar kan anslutas till en bergvärmeanläggning med goda resultat. Nedanstående två figurer visar energiförbrukningen mellan den geotermiska och elektriska anläggningen i Holzminden från januari 2007 till januari 2009. Växlarna ligger intill varandra för att kunna göra en jämn bedömning (Frenzel 2007c).



Figur 12: Energiförbrukningen för pilotanläggningen i Holzminden från under delar av 2007 (Funke 2009).



Figur 13: Energiförbrukningen från februari 2008 till januari 2009 (Funke 2009).

Systemet övervakas av en styrnings och regleringsanordning som iakttar och sparar samtlig information om tillstånd och driftvärden. Systemet korrigerar även sig själv då förändringar behövs. I nästa utvecklingsfas tillkommer ett GSM-R system med standarder som Deutsche Bahn, DB har tagit fram för att kunna styra växlar från annat håll. Då kan man även få felmeddelande via E-mail eller telefon. Förtetaget som utvecklade anläggningen i Holzminden har konstruerat systemet så att alla järnvägsföretag i världen kan komplettera anläggningen med sitt eget utvecklade eller standardiserade styrsystem. Till anläggningen tillhör en väderlekstation som är programmerad efter lokala förhållanden. Den mäter temperatur, luftfuktighet och nederbörd och skickar signaler till växelvärmearnläggningen då den ska starta. Systemet startar enligt följande kriterier (Frenzel 2009a/Frenzel 2007d):

- Då referenstemperaturen går under 2°C. Referenstemperaturen är inställd beroende på lokala förutsättningar, (klimat och markegenskaper)
- Utetemperaturen under 5°C och då
- (referenstemperatur-töpunktstemperatur) går under 2°C
- Då definierad luftfuktighet och nederbörd uppnås
- Vid snö och isbildning startar systemet direkt

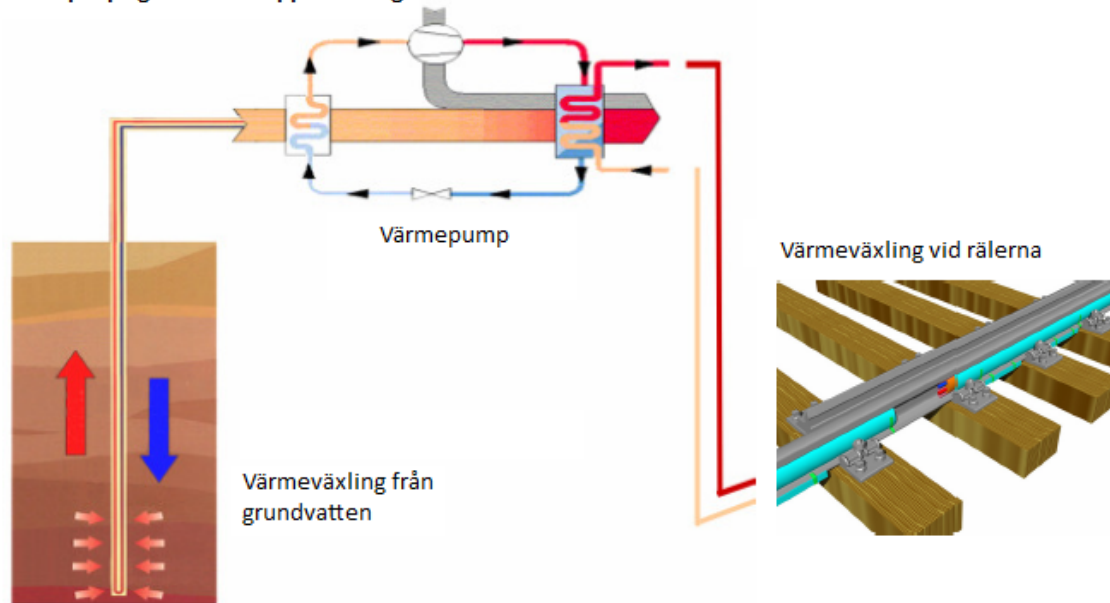


Figur 14: Växelvärmeskåpe och väderlekstation för geotermisk uppvärmning kan se ut enligt ovan. I skåpet kan man bland annat se delar av värmepumpen. En bärbar dator kan kopplas in för att på plats logga in och ändra inställningar (Frenzel 2007c/ Frenzel 2007d).

Samma geotermiska teknik har för ett par år sedan installerats på perronger i Tyskland för att slippa manuell snöröjning. Växelvärmesystemet som kallar sig för "tripleS" använder sig även av andra geotermiska värmekällor. Förtetaget har utvecklat/utvecklar en mängd olika system för att kunna ta till vara på den bästa lokala energikällan. Följande värmekällor utvecklas det system ifrån (Frenzel 2009b):

- Vatten (Grundvatten, Spillvatten, Kylvatten, Floder och sjöar)
- Mark (Markvärme uppe på ytan, Markvärme från djupare jordlager)
- Luft (Uteluft, Frånluft från byggnader)
- Överskottsvärme
- Solenergi

Exempel på geotermisk uppvärmning



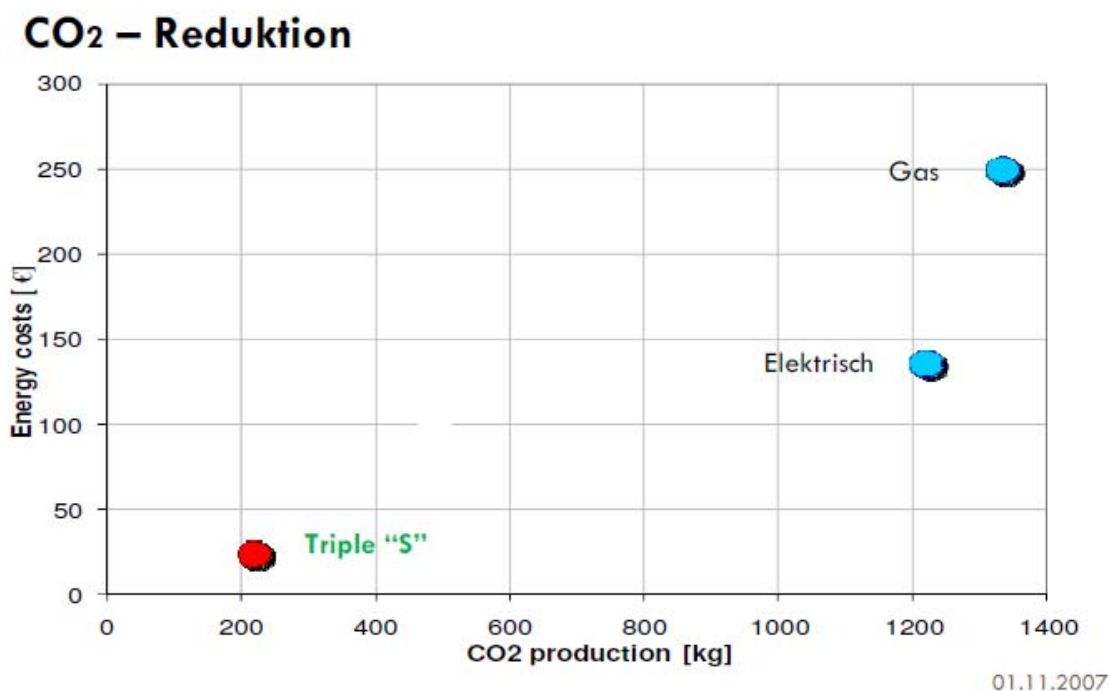
Figur 15: Exempel på hur en växel kan värmas med geotermisk energi. Här syns de tre huvudkomponenterna (Frenzel 2007b).

Anläggningar från ”triple S” som utnyttjar geotermisk energi har många fördelar jämfört med konventionell växelvärm. Den är säker eftersom geotermisk kraft är alltid tillgänglig, den är miljövänlig eftersom geotermisk värme inte släpper ut någon koldioxid. Ända utsläppen är från elen som krävs för att driva värmepumpen. Anläggningar av denna typ mycket sparsamma. I Tyskland räknar företagen starkt med att byta ut delar av den befintliga anläggningen på stationer, bangårdar och övriga ställen med tätt placerade spårväxlar. Målen med utvecklingen är att komma upp i en tillförlitlighet och tillgänglighet på över 99,5 %, reducera energi- och driftskostnaderna och ett reducerat utsläpp av koldioxid. Låga LCC- kostnader, stort användningsområde då ytor som perronger kan värmas upp och även fastigheter. Geotermi är tillgänglig i stort sett över allt. Istället för att borra 100 meter efter värme kan man utnyttja energin ur marknivå. Värmeslingor som grävs ner 0,20 meter under frostnivån utvinna värmen ur marken genom att vätska i rören värms upp. Effekten är lite lägre än värme från borrhinar. Ytterligare ett system utnyttjar sig av lufttemperaturen. Luftvärmepumpar kan användas i temperaturer från -20°C till $+30^{\circ}\text{C}$ och få ut en temperatur upp till 60°C . Värmekapaciteten är inte särskilt stor och det fordras ibland volymer på $400\text{ m}^3/\text{h}$ för varje kW behov. Systemet lämpar sig inte för regioner med allt för kalla vintrar (Frenzel 2007b).

12.1.3 Besparing med geotermisk växelvärm

I södra Tyskland där det kommer stora mängder snö har man i beräkningarna räknat på ett värmebehov på i genomsnitt 5-6 månader. Den installerade medeleffekten in en enkel växel ligger på 12 kW. Det innebär en årlig energiförbrukning på 40 000 kWh för växlar utan styrning, dvs. de är alltid i bruk. Med ”Triple S” blir det årliga behovet med samma förutsättningar 8 000

kWh. Jämför man med styrbara växlar som bara används då det behövs ligger driftstiderna erfarenhetsmässigt på ca 20 %. Det innebär en årlig drifttid på ca 800-900 h. För en enkel växel med installerad effekt på 12 kW kommer man upp i ca 10 000 kWh. Med ”Triple S” med en medel installerad effekt på 2,0-2,5 kW ligger energibehovet på ca 1 800 kWh. Fördelen med minskad energiåtgång i Tyskland är mycket stor eftersom koldioxidutsläppen kan minska stort beroende på hur många anläggningar som kommer att tas i drift. Elen i Tyskland producerades år 2008 till 40 % av antingen stenkolk eller brunskolk. I Holzminden har man nu analyserat anläggningen och deltagande företag är övertygade om att detta är en teknik som kommer att kunna användas i stor skala. Koldioxidutsläppen skulle årligen minska med upp till ca 18 ton per växel för styrbara växlar och ca 65 ton för icke styrbara växlar. Skulle större delen av Tysklands uppvärmda växlar bytas dvs. ca 60 000, skulle utsläppen av koldioxid minska med 3,9 miljoner ton per år. Nedanstående figur visar grafiskt skillnaden i utsläpp mellan geotermisk- (Triple S), elektrisk- och Gasvärme anläggningar (Frenzel 2007e).



Figur 16: Reduceringen av koldioxid i Tyskland med geotermisk växelvärmesystem ”Triple S” (Frenzel 2007b).

12.1.3.1 Kostnader

Vid kalkyleringar av investeringskostnaderna spelar antalet och läget av de uppvärmda växlarna en avgörande roll i dagens utvecklingskedje. Vid förnyelse av antingen 2 propangas- eller elvärmeanläggningar mot geotermisk uppvärmning ligger kostnaderna per växel i dagsläget 20-30 % över det pris vad nya propangas- eller elvärmeanläggningar med liknande prestanda skulle ha kostat. Byter man ut exempelvis 6 tätt intilliggande växelvärmeanläggningar av gas- eller elvärme mot

geotermi reduceras kostnaderna istället med ca 20 % per växel. Skillnaden beror dels på att själva borrningen är en dyr process (Frenzel 2007f)

Driftskostnaderna är däremot den punkt som gör att själva anläggningen blir lönsam. Här är besparingarna räknade mot elektrisk uppvärmning ca 80 %. För underhåll och service räknar man med att behöva inspektera anläggningen en gång per år och konfigurera väderstationen och anläggningen två gånger per år. De timmar den geotermiska energin inte är tillgänglig beroende på att det är för kallt hjälper el-patroner i värmepumpen till att värma anläggningen (Frenzel 2007f).

12.1.3.2 Utveckling

Utvecklingen av geotermisk energi går snabbt och anläggningarna blir hela tiden effektivare och drar mindre energi. För att förbättra effektiviteten ytterligare jobbar man bland annat mycket med att kunna sänka uppvärmningsbehovet med hjälp av bättre material och köldmedel, bättre från och tilledning av vätskorna, ny värmepumpsteknologi, effektivare värmeväxlare, förstoring av rördimensionen som går ner i berget och de som löper längs rälen för bättre värmeupptag. Optimering av strömningen inuti ledningarna. I framtiden kommer geotermi att ha ännu bättre egenskaper, effektivitet och möjligheter till fler installationer. Med dagens teknik och kostnader lämpar sig geotermiska växelvärmearläggningar främst till inkörselgrupper vid järnvägsstationer och tätt placerade växelgrupper som på rangerbangårdar. Enstaka växlar ute på linjen är inte lönsamma för denna tekniken än.

12.1.4 Krav från DB

I den Tyska Järnvägsförvaltningen Deutsche Bahn, DB AG ingår DB Netz AG som dotterbolag. DB Netz har ansvaret för den spårbundna infrastrukturen. Deras viktigaste uppgifter är att säkerställa en tillförlitlig och säker drift av järnvägen. Företagen som säljer och utvecklar komponenter till järnvägen måste uppfylla krav ställda av DB Netz AG (DB 2008).

Vid utvecklingen av växelvärmearläggningar har man upprättat styrande dokument om bestämmelserna. Allmänt står det att anläggningarna ska uppfylla den insats som krävs inom DB Netz AG. Samtliga rörliga delar in en spårväxel inklusive området kring korsningspunkten, vingrälerna, förslutningsanordningen, förslutningsanordningens grop samt mellanrummet mellan växeltungan och stödrälerna) ska hållas fria från snö och is. Värmen måste kunna smälta snöfall på 5 cm/h under en temperatur på +2°C till -10°C. Smältning av drivsnö och uppvirvlande snö från tåg måste klaras av vid en temperatur på -20°C. Växelvärmerna ska även uppnå följande krav ställda av DB Netz AG (Bilaga):

- Väderberoende styrning
- Automatiserad funktionsövervakning

- Optimal användning av förbrukad energi
- Minimering av koldioxidutsläpp
- Tillförlitlighet på 99,5 %
- Livslängd på 20 år
- Service och underhållskostnader under 2 % /anläggning av investeringskostnaden
- Hanteringskostnader för skrotning/återanvändning av anläggningen efter livslängden ska vara mindre än 6,5 % av investeringskostnaden
- Enkel montering och demontering av värmekroppen och fästningsanordningen
- Stoppning och sopning av ballasten ska vara möjlig utan demontering
- Fjärrövervakning, felmeddelandevarning, fjärrstyrning

13 Diskussion och slutsats

För att nå ovanstående effektiviseringsmål finns det fortfarande mycket att jobba på. När det gäller den tekniska statusen på anläggningarna har man kommit en bit på vägen då man byter ut äldre reglercentraler mot nya webbmasters. De sparar ca 50 % i energikostnader jämfört med föregångaren ESJ 4065. Vid nybyggnationer så sätts alltid det nya styrsystemet in. Men det tar för lång tid om man bara byter ut de som är uttjänta. Majoriteten av anläggningarna måste bytas ut över hela landet till det nya systemet. Kostnaderna är överkomliga vid uppgraderingar från gammalt till nytt då det är samma leverantör till de flesta växelvärmeskåpen.

Samtidigt som styrsystembytet genomförs måste man utveckla nya idéer om uppvärmningstekniken. Elementen längs rälen är i stort sett av samma konstruktion sedan 50-talet då de introducerades. Energiförlusterna är höga, liksom värmeförlusterna. Elementen är dessutom en högfrekvent felkälla vid driftstörningar i en växelvärmearläggning då den är ömtålig. Mycket pengar läggs ut på att köpa in nya element och utföra byten. Inom Banverket var det för ett par år sedan på tal om att börja utveckla ny uppvärmningsteknik, men inget hände.

Traditionellt så använder man sig av den energikälla som är tillgänglig och billig i landet. Att värma växlar med geotermisk energi har testats med goda resultat i

länder som Tyskland och Nederländerna. Geotermi kan även vara aktuellt för Sverige. De lämpar sig främst till mindre stationer där man har ett par växlar tätt intill varandra. Besparingen är idag över 50 % jämfört med konventionella anläggningar som drivs av el eller gas.

13.1 Rekommendationer

Först och främst krävs det en organisation som har som mål att sänka energiåtgången och införa styrande dokument som enhetligt talar om lika för alla banregioner. Inom Banverket ska det finnas en enhet som enbart jobbar med energieffektivisering av järnvägens infrastrukturanläggning. En grupp eller enhet som har ett samlat ansvar och befogenhet för bland annat alla banregioners växelvärmeanläggningar. Energin ska inte fördelas enligt schablonartad modell inom Banverket som det delvis fortfarande görs. Energiförbrukningen måste därför kartläggas för varje region för att få en tydlig blick över energiåtgången.

Mer forskning, utveckling och pilotanläggningar krävs för att hålla tekniken uppdaterad mot övriga länder. Effektiva och driftsäkra idéer kan även säljas vidare till andra länder.

14 Referenser

14.1 Litteratur

Andersson, Evert och Berg Mats, 2007: *Spårtrafiksystem och spårfordon*,
Del 2: Spårfordon, kap.19:3
Järnvägsgruppen KTH, Stockholm
ISBN: 978-91-7178-743-9

Banverket 2002: *Banverkets Handbok, BVH 001.6, Vårt gemensamma
arbetsätt*

Banverket 2005a: *Banverkets Handbok, BVH 543.42205, Version 1,*
Projekteringshandbok för växelvärmestyrning med en webbserver, kap.
1.1, kortfattad funktionsbeskrivning (Publicerad 2005-03-01)

Banverket 2005b: *Banverkets Handbok, BVH 543.42205, Version 1,*
Projekteringshandbok för växelvärmestyrning med en webbserver, kap.
1.1.1, Skillnad mellan ”gammal” reglercentral och ny WM,
(Publicerad 2005-03-01)

Corshammar 2005, Per, 2005: *Perfect track- Din framgång i
järnvägsunderhåll och
Underhåll*, Spårväxlar, kap. 2.2.12
ISBN: 91-631-8150-9

Kirchner 2005, Christian, 2005: *Eisbahnreformen in Europa- Eine
Standortbestimmung*, Deutschland, kap 5
ISBN: 3-7771-0336-5

SJ 1984, SJF 541.47, *Banteknik- Banöverbyggnad, Spårväxelkomponenter*,
(Publicerad 1984-06-01)

14.2 Föreläsningar

Gustavsson 2008, Bo-Inge: *Lågspänningsanläggningar: Växelvärmes*,
Järnvägsskolan Ängelholm, (2008-02-27)

Lindgren 2008, Christer: *Enhetschef- Elkraft*,
Järnvägsskolan Ängelholm, (2008-01-23)

14.3 Internet

Banverket 2003: *Järnvägens elanläggningar*,
Växelvärme sid. 14, Publicerad 2003, (Hämtad 2009-03-23)
<http://www.skyddsnet.se/files/J%C3%A4rnrv%C3%A4gsgsel.pdf>

Banverket 2007a: *Järnvägssektorns utveckling- Banverkets sektorsrapport 2006*, Järnväg för en god miljö, sid. 52, Publicerad Mars 2007, (Hämtad 2009-03-23)
(http://www.banverket.se/pages/12128/sektorsrapporter/BV_Sektor_06_Webb_low_x.pdf)

Banverket 2007b: *Banverkets årsredovisning 2006*,
God miljö, sid 22, Publicerad Februari 2007,
(Hämtad 2009-03-23)
http://www.banverket.se/pages/12128/BV_AR_06_WEBBx.pdf

Banverket 2009a: *Om Banverket*, Publicerad 2009-03-27,
(Hämtad 2009-05-06)
<http://www.banverket.se/sv/Webbfunktioner/Toppmeny/OM-BANVERKET.aspx>

Banverket 2009b: *Mål och vision Transportpolitiska mål*,
Publicerad 2009-02-24, (Hämtad 2009-05-06)
<http://www.banverket.se/sv/Amnen/Om-Banverket/Verksamheten/Banverkets-mal.aspx>

Banverket 2009c: *Banverkets sektorsansvar*,
Publicerad 2009-01-12, (Hämtad 2009-05-06)
<http://www.banverket.se/sv/Amnen/Om-Banverket/Verksamheten/Banverkets-sektorsansvar.aspx>

DB 2008, Deutsche Bahn- Netz AG: *Firmenprofil*, Publicerad 2008-11-07,
(Hämtad 2009-04-03)
http://www.deutschebahn.com/site/bahn/de/unternehmen/konzernprofil/geschaeftsfelder/dbnetze__fahrweg/db__netz__ag.html

Ekman 2009, Sven-Olof: *Förslaget gav Börje en halv miljon- Snöskydd*,
Publicerad 2008-09-26, (Hämtad 2009-04-14)
<http://gd.se/nyheter/gavle/1.139724>

Frenzel 2007a, Frenzel- Bau: *Weichenheizungssystem- Triple-S*,

Zielsetzung, sid 6, Publicerad 2007-11-01, (Hämtad 2009-03-26)
<http://www.frenzel-bau.de/frenzel-bau/media/triples.pdf>

Frenzel 2007b, Frenzel- Bau: *Weichenheizungssystem- Triple-S*,
Das System, sid 12-22, Publicerad 2007-11-01,
(Hämtad 2009-03-26)
<http://www.frenzel-bau.de/frenzel-bau/media/triples.pdf>

Frenzel 2007c, Frenzel- Bau: *Weichenheizung*, Holzminden, Publicerad 2007,
(Hämtad 2009-03-26)
<http://www.frenzel-bau.de/frenzel-bau/wheiz.htm>

Frenzel 2007d, Frenzel- Bau: *Weichenheizungssystem- Triple-S*,
Das System, sid 26, Publicerad 2007-11-01,
(Hämtad 2009-03-26)
<http://www.frenzel-bau.de/frenzel-bau/media/triples.pdf>

Frenzel 2007e, Frenzel- Bau: *Weichenheizungssystem*, Energieeinsparung, sid.
7-12 Publicerad 2007-11-01, (Hämtad 2009-03-23)
<http://www.frenzel-bau.de/frenzel-bau/media/triples.pdf>

Frenzel 2007f, Frenzel- Bau: *Weichenheizungssystem*, Investitionen (Planungs-
und Baukosten), sid. 28-31
Publicerad 2007-11-01, (Hämtad 2009-03-23)

Frenzel 2009a, Frenzel- Bau: *Systembau und Auslieferung*, Systembau,
(Hämtad 2009-03-26)
http://www.triplesgmbh.de/index.php?page=systembau_und_auslieferung

Frenzel 2009b, Frenzel- Bau: *Wärmequellendesign*,
(Hämtad 2009-03-26)
<http://www.triplesgmbh.de/index.php?page=waermequellendesign>

Frenzel 2009c, Frenzel- Bau: *TripleS Weichenheizungssystem*,
Anlagenplanung,
(Hämtad 2009-03-23)
<http://www.triplesgmbh.de/index.php?page=anlagenplanung>

Löf 2006a, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets
energistyrrning*, Sammanfattning, kap.2, Publicerad 2006-08-22,

(Hämtad 2009-03-24)

<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Löf 2006b, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Förutsättningar och bakgrund, kap. 3, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Löf 2006c, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Rekommendationer, kap. 4, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Löf 2006d, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Mätning och avräkning, kap. 4.1, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Löf 2006e, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Växelvärm, kap. 4.2.2, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Löf 2006f, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Energistyrning, kap. 4.3.1, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Löf 2006g, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Organisation och ansvarsfördelning, kap. 4.3.2, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Löf 2006h, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Kartläggning, kap. 5.1.1, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)

<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

- Löf 2006i, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Organisation och styrning, kap. 5.1.3, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>
- Löf 2006j, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Mål- Miljömål, kap. 5.1.4, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>
- Löf 2006k, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Inköp och upphandling, kap. 5.2, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>
- Löf 2006l, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Mätning/ Avräkning, kap. 5.3, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>
- Löf 2006m, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Energianvändning, kap. 5.4, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>
- Löf 2006n, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Infrastruktur, kap. 5.4.3, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>
- Löf 2006o, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Ansvarsfördelning, kap. 5.5, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)

<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Löf 2006p, Lars-Erik och Räftegård, Oskar: *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, FUD- Verksamhet, kap. 5.6, Publicerad 2006-08-22, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.njsforum.com/se/seminar/071008-NJS-E-B-seminar/energirapport.pdf>

Nordpool 2009: *Prices at Nord Pool Spot 1996-2009*, Publicerad 2009-05-05, (Hämtad 2009-05-05)
<http://www.nordpoolspot.com/reports/areaprice/Post.aspx>

Velox 2009, Spårväxelvärme: *Introduktion Förslag till kabeldragning för Växelvärme*, (Hämtad 2009-03-24)
<http://www.marmorit.se/kommunikation/intro.htm>

14.4 Intervjuer

Edbäck 2009, Mats: *Växelvärme*, Anställd på Banverket Borlänge
(Intervju per mail 2009-06-02)

Gustavsson 2009a, Bo-Inge: *Lågspänningsanläggningar*, Anställd på Banverket
Järnvägsskolan Ängelholm,
(Intervju per mail 2009-03-19)

Gustavsson 2009b, Bo-Inge: *Lågspänningsanläggningar*, Anställd på Banverket
Järnvägsskolan Ängelholm,
(Intervju muntlig, Järnvägsskolan Ängelholm 2009-05-11)

Funke 2009, Michael: *Triple S GmbH*, Geschäftsführer/ VD,
(Intervju per mail 2009-04-23)

14.5 Bilaga



DB Netz AG /
DB AG
Technik/Beschaffung

Technische Mitteilung - als Handlungsanweisung gemäß Konzernrichtlinie 138.0202 - zu Ril 828, Ril 954.9101 und sonstigen Weichenheizungen TM 2007 - 133 I.NVT 4 (E)	
von	DB Netz AG, Fahrwegtechnik
Ansprechpartner	Theodor-Heuss-Allee 7, 60486 Frankfurt am Main I.NVT 4 Herr Höppner
Tel. ; Fax:	intern: 955 - 31682 / - 31608; extern: 069 265 - 31682 / -31608
E – Mail:	Volkhard.Hoepfner@bahn.de
Datum / Zeichen	04.07.2007 / I.NVT 4 H6 P4 M2 D6
fachliche Zuständigkeit	DB Systemtechnik – TZF 72
Ansprechpartner	Kleyerstraße 90, 60326 Frankfurt am Main TZF 72 Herr Brückner
Tel. ; Fax:	intern: 955 - 45240 / - 45232; extern: 069 265 - 45240 / -45232
E – Mail:	Hartmut.Brueckner@bahn.de
Datum / Zeichen	02.07.2007 / 07-O-4389-TZF 72Br-WHA-201-2-5 P4 M2 D5

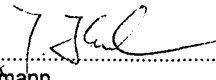
- Allgemeingültige Technische Mitteilung**
u. a. Bekanntgabe zu Gesetzen, Verordnungen, Bahnnormen oder Richtlinien sowie Anwendererklärungen / Freigaben, Weisungen,
- Einzelfallbezogene Technische Mitteilung**
u. a. Unternehmensinterne Genehmigungen (UiG), einzelfallbezogene Weisungen


**Weichenheizanlagen;
Anforderungen an die Leistungsfähigkeit aller Weichenheizungstypen,**

Sehr geehrte Damen und Herren,

im Hinblick auf die Entwicklung neuer Weichenheizungssysteme bzw. der Weiterentwicklung bestehender Weichenheizungssysteme wurde es erforderlich allgemeingültige Anforderungen an die Leistungsfähigkeit aller Systeme festzulegen. Die in der nachfolgenden fachtechnischen Stellungnahme der OE TZF 72 formulierten Anforderungen werden hiermit allgemeinverbindlich eingeführt. Sie sind abgestimmt mit dem Anlagenmanagement Fern- und Ballungsnetz (ehemals I.NIA 13), Zugbildungs-/behandlungsanlagen (ehemals I.NBZ 2 (A)), Regionalnetz (ehemals I.NMR) und der Instandhaltung (I.NPT 1). Es dürfen nur Systeme errichtet werden die von der Zentrale der DB Netz AG technisch freigegeben sind. Dies gilt auch für Pilotanlagen.

Mit freundlichen Grüßen

i. V. 
Hartmann

i. A. 
Höppner

TM 2007-133 I.NVT 4 (E)

Fachtechnische Stellungnahme zur TM Nr. : TM 2007 - 133 I.NVT 4 (E)**Allgemeines**

Folgenden Anforderungen müssen Weichenheizungsanlagen für den Einsatz bei der DB Netz AG genügen:

Freihalten aller beweglichen Teile einer Weiche (einschließlich bewegliche Herzstücke, Verschluss und Verschlussfach), der Gleitstühle und des Raumes zwischen Zunge und Backenschiene von Eis und Schnee.

Randbedingungen

Die Funktion muss, im Bereich der beweglichen Bauteile der Weiche, unter folgenden klimatischen Bedingungen gewährleistet sein.

- Abtauen bei Schneefall von 5cm/h in einem Temperaturbereich von +2° C bis -10° C
- Abtaugung von Flugschnee bis -20° C

Anforderungen

Die Weichenheizungen müssen folgenden, weiteren Anforderungen entsprechen

1. Witterungsabhängiger Betrieb
2. Selbsttätige Funktionsüberwachung
3. Optimale Verwendung der eingesetzten Energie/Minimierung des CO₂-Ausstoßes
4. Verfügbarkeit 99,5%
5. Lebensdauer 20 Jahre
6. Wartungsaufwand < 2%/a der Erstellungskosten
7. Entsorgungskosten nach Ablauf der Lebensdauer < 6,5% der Erstellungskosten
8. Leichte Montage und Demontage von Heizkörpern/Befestigungsteilen
9. Stopfarbeiten und Einsatz Schotterbesen sollen ohne Demontage möglich sein
10. Fernüberwachung, Störmeldungsübertragung, Fernparametrierung

W. Krötz
<Dr. Krötz>

Montreal für
<Brückner>



