

Energieffektivisering av järnvägens växelvärmeanläggningar

**– Problembeskrivning och förslag till
effektiviseringar**



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Trafik & samhälle/Väg & trafikteknik**

Examensarbete:
Martin Järkell
Anders Jönsson

© Copyright Järkell Martin, Jönsson Anders
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 2012

Sammanfattning

De senaste åren har järnvägen fått mycket negativ publicitet på grund av de många förseningstimmarna som uppstår under vinterhalvåret speciellt vid snöfall.

I vårt järnvägsnät är det spårväxlarna som är de mest utsatta komponenterna, där snö och is ställer till med störst problem. På grund av dess rörliga delar och låga toleranser för störningar, räcker det med några millimeters mellanrum mellan stödräl och tungräl för att signalsystemet ska indikera fel.

I spårväxlarna installeras värmeelement för att värma upp rälerna och förhindra att snö- och isklumpar bildas i de trånga utrymmena mellan stödräl och den rörliga rälstungan. Dock skakar många fordon av sig isklumpar, som bildats under fordonen, när de passerar en växel, eftersom många sidokrafter påverkar fordonet i det skedet. Dessa isklumpar förhindrar växeldrivet att lägga om spårväxeln då växelvärmern, trots sin höga energiförbrukning, bara har kapacitet att smälta den snö som kommer som nederbörd och ej att smälta nerfallande isklumpar.

Växelvärmern har de senaste åren pekats ut som ett område där stora energieffektiviseringar kan göras. Syftet med detta arbete var att lokalisera möjliga områden som kunde effektiviseras samt alternativa avisningsmetoder. För att fördjupa oss i problemet började vi med att utföra en begränsad intervjustudie och en enkätundersökning som skickats ut till förvaltare, tillverkare, projektörer och andra specialister inom området. Från enkätundersökningen fick vi information om var utvecklingspotential finns och framtida tänkbara förändringar.

Många aktörer och innovatörer har börjat studera alternativa metoder för att smälta den snö och is som hamnar i spårväxlarna. Det kan handla om att förhindra snö och is att hamna i spårväxlarna men också att smälta och på annat sätt avlägsna den.

Därefter utfördes en laboration på Järnvägsskolan i Ängelholm för att testa hur man med enkla medel kan öka effektiviteten av dagens växelvärmearnläggningar på elementnivå. Genom att ändra monteringsmetoden på el-elementen lyckades vi i vår laboration öka energieffektiviteten i en växelvärmearnläggning med åtta procent. Vi tror att detta i framtiden kan förbättras ytterligare med olika kombinationer av de monteringsmetoder vi presenterar i detta arbete.

För att effektivisera anläggningarna gällande energi finns det tre olika nivåer att göra så på. Ett sätt är att se till så styrsystemen startar anläggningen endast när det behövs för att undvika onödig drift. Överföringen av värmeenergi till rälen går att effektivisera så att energin används på bättre sätt. Den energi som används behöver inte vara elektrisk utan kan frambringas ur mark- eller bergvärme.

Nyckelord: Växelvärmsystem, spårväxel, energieffektivisering, energiförluster, styrsystem, vinterproblem

Abstract

In recent years the railway has received a lot of negative publicity thanks to the large amount of delay hours that occurs during winter conditions and especially at snowfall.

In our railway network, the points are the most targeted problem components were snow and ice cause the most problems. Due to its moving parts and low tolerances for disorder, a few millimeters of gap between the rails is enough for the signalling system to indicate error.

In the switches, heating systems are being installed to heat the rails and to prevent snow from turning into blocks in the narrow spaces between the stock rail and the moving point blade. However, blocks of ice that is formed under the vehicle may fall off, due to the lateral forces that affect the vehicle, when driving through points. These blocks of ice prevents the actuators capability to divert the switch even when the point heat, despite of its high energy consumption, only has the capacity to melt the snow that falls from the sky and not the blocks of ice.

In recent years point heating has been identified as an area where significant energy efficient improvement can be made. The purpose of this thesis was to locate possible areas that could be more efficient and alternative methods to de-ice. To become more observed in the problem we sent out a survey to managers, manufacturers, designers and other specialists in the subject. From the survey, we also got informed where the development potential and future changes are. Many players and innovators have begun to study alternative methods to melt the snow and ice that ends up in the switches. This involves preventing snow and ice to get into track switches but also other ways to melt or remove it. We present methods that we found interesting in this thesis.

A laboratory experiment was conducted at the Railway School in Ängelholm on how to with simple methods increase the efficiency of today's switch heating systems at the elements. By changing the method of mounting the electrical elements, we increased the efficiency of a point heating system by eight percent. WE believe that this in the future can be further improved with various combinations of the mounting methods we present in this thesis.

To increase efficiency in the existing switch heating systems according to energy, there are three different levels to do so on. One way is to ensure that control systems will activate the heating system only when necessary to avoid unnecessary operation. The transfer of heat energy to the rails can be more effective so that energy is used the best. The used energy doesn't need not be electrical energy, but can be generated from geothermal energy.

Keywords: Point heating system, railway switch, energy efficiency, energy losses, control system, winter problems

Förord

Vi har gemensamt skrivit detta arbete under vårterminen 2012 som ett avslutande moment på vår utbildning på LTHs Byggt teknik med inriktning mot järnväg.

Tack för hjälpen Helena Svensson på LTH - vår examinator - för att ha hjälpt oss att upprätthålla en professionell nivå på arbetet, Clas Larsson och Magnus Midander på Vectura för handledning och tips under arbetets gång samt Bo-Inge Gustavsson på Järnvägsskolan i Ängelholm för att ha bistått med kunskap och möjliggjort vår laboration. Tack också till Sven Larsson och Håkan Bengtsson för att ha stått ut med oss och våra frågor på Vecturas kontor i Malmö samt Paul Kron på Strukton Rail AB i Lund.

*“Heating up a big amount of iron – placed outside on the ground – will, no matter what, use energy.
It will use a big amount of expensive energy.”*

Mycket nöje!

Malmö, juni 2012

Martin Järkell & Anders Jönsson

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Växelvärmeanläggningar i dagens Sverige	2
1.2 Beskrivning av system och problem	3
1.2.1 Järnvägens uppbyggnad	3
1.2.2 Spårväxlar	3
1.2.3 Behov av växelvärmesystem	4
1.2.4 Konsekvenser med bristfällig växelvärmesystem	4
1.3 Syfte	6
1.4 Avgränsningar	6
1.5 Rapportens upplägg	7
2 Metod	8
2.1 Intervjuer	8
2.2 Litteraturstudie	8
2.3 Enkätstudie	8
2.4 Laboration	9
3 Beskrivning av spårväxelvärmeanläggningar	11
3.1 Element	11
3.2 Styrningar	12
3.3 Beskrivning av energiförluster	14
3.3.1 Energiförlust - element	14
3.3.2 Energiförlust - styrning	14
3.4 Internationell utblick	14
4 Alternativa lösningar på växelvärmesystem och styrsystem	15
4.1 Induktionsvärmesystem	15
4.2 Högeffektiva el-element	16
4.3 Vattenburen värmesystem	16
4.4 Gasuppvärmning	17
4.5 Flytande koldioxid	18
4.6 Skyddsläpp och specialräl	19
4.7 Manuell snöröjning	20
4.8 Väderprognosstyrning	20
5 Resultat av enkätstudie	22
5.1 Brister med dagens spårväxelvärmesystem	22
5.2 Effektiviseringspotential	23
5.3 Vidareutveckling av dagens system	23
5.4 Rekommenderat system	23
5.5 Vanligaste problemen med element	24
6 Resultat av laboration	25
6.1 Material och komponentlista	25

6.2 Förberedelser och montering	25
6.3 Resultat	29
7 Diskussion	37
8 Slutsats och förslag till förbättringar	40
9 Referenser	41
9.1 Litteraturkällor	41
9.2 Internetkällor	42
9.3 Övriga källor	42
9.4 Bilagor	43

Begrepp & förkortningar

ADSL	-	Analog Digital Subscriber Line, teknik för att överföra data över det fasta telenätet
Börvärde	-	Det mätvärde som man vill att den reglerade processen ska hålla.
BVH	-	Banverket Handbok
GPRS	-	General Package Radio Service Teknik för att överföra data över det mobila telenätet
GELD	-	Gemensam Eldriftledning Trafikverkets övervakning av dess elnät
IWM	-	IMSE Webmaster Programerbar datorenhet som kan fjärrövervakas via internet och styr anläggningens komponenter
kWh	-	Kilowattimme, 10^3 wattimmar Energienhet för att mäta elförbrukning
STH	-	Största tillåtna hastighet
TWh	-	Terawattimme, 10^{12} wattimmar Energienhet för att mäta elförbrukning

1 Inledning

I dagens mer miljömedvetna samhälle är järnväg ett mycket bra sätt att transportera människor och gods på, eftersom järnvägsfordon kan transportera större massa med lägre energiförbrukning jämfört med vägfordon. Med förbättrade pendlingsmöjligheter bor folk längre ifrån sina arbetsplatser samtidigt som de blir mer medvetna om sin fritid varpå de blir besvärade när tågen inte går enligt tidtabell. Med fler personer som pendlar och ökad trafik blir järnvägsnätet känsligt för störningar och några minuters problem kan i sin tur leda till timmar av försening. Dessa störningar påverkar inte bara den aktuella platsen utan ofta en hel region. Detta får som följd stora kostnader för tågoperatörer och infrastrukturförvaltare samtidigt som resenärer blir försenade och irriterade.

Vintern 2009/2010 drabbades Sverige stora driftstörningar inom tågtrafiken. Under perioden från den 2009-11-01 till 2010-03-31 blev resultatet 83000 förseningstimmar vilket är mer än en fördubbling mot genomsnittet av de tre tidigare vintrarna. Snöproblematiken orsakade försenat gods och försenade passagerare till en kostnad för samhället av ca 2,7 miljarder kronor. Totalt beskrivs hälften av problemen av sådan karaktär att Trafikverket kan påverka dem och den andra hälften är sådana som tågoperatörerna kan påverka. Det dominerande problemet var nederbörd i form av snö samt is som lossnade ifrån fordons underrede och föll ner i spårväxlarna mellan stödräl och tungväl med spårväxelfel som följd. Enbart spårväxelfel orsakade i sig 11000 förseningstimmar (Trafikverket, 2010a). Denna problematik uppstod trots att växelvärmearläggningarna var inkopplade och använde stor mängd energi till stor kostnad. Totalkostnaden är dock svår att undersöka då Trafikverket inte kan se energiförbrukning på enskilda objekt i anläggningen.

Mellan 1996 och 2006 ökade transportsektorn sin andel av Sveriges totala energianvändning från 20 % till 26 % trots stränga miljömål. Därmed är transportsektorn den starkast växande sektorn med avseende på energianvändning (Hydén, 2008).

En stor del i miljöarbetet handlar om att skapa en hållbar utveckling och om att bättre ta vara på de resurser som finns, genom att bland annat minska energianvändningen inom alla sektorer, däribland transportsektorn och järnvägen.

Järnvägen förbrukar årligen ca 2,3 - 3 TWh elenergi totalt, vilket var 1,8 % av hela transportsektorns energianvändning på 124,3 TWh 2005 (Kadic & Sahlin, 2011). Den största energiförbrukningen inom järnvägen är tågdrift som 2005 stod för 85 % av Trafikverkets förbrukning på 2,3TWh och infrastrukturen där bland annat växelvärmes ingår stod för 11 %. Resterande 4 % förbrukas av de fastigheter som finns hos Trafikverket. Under 2006 tillsattes en grupp inom dåvarande Banverket för att lokalisera var effektivisering av elförbrukningen i infrastrukturen kunde ske. Växelvärmes

pekades ut som det område som hade bäst effektiviseringspotential efter bangårdsbelysning (Löf & Räftegård, 2006).

1.1 Växelvärmeanläggningar i dagens Sverige

Sverige har idag ca 6900 spårväxlar som värms upp under vinterhalvåret med hjälp av el. I spårväxlarna installeras el-element med varierande längd och effekt. Ett spårväxelvärmesystem förbrukar mellan 5 och 30 kW beroende på längd och typ av spårväxel. Totalt förbrukar hela landets spårväxlar uppskattningsvis cirka 60 MW (Banverket, 2000). Detta är en uppskattad siffra då energiförbrukningen ej mäts på enskilda objekt. Om alla Sveriges spårväxlar går på full effekt blir den totala kostnaden ca 730 500 kr/dygn vid ett kWh-pris på 50,73 öre som var 2011 års elpris (Trafikverket, 2012). För att hålla nere kostnaderna installeras styrsystem som tar hänsyn till temperatur och nederbörd vilket gör att växelvärmeanläggningen endast är i drift då den behövs.

Trots olika typer av styrsystem går mycket av effekten i värmeelementen åt till att värma upp luften och inte rälen, där den gör bäst verkan.

Inför varje vinter ska samtliga växelvärmeanläggningar kontrolleras och revideras enligt checklistan i BVH 807.30. Revideringarna ska vara klara före den 15 oktober och eventuella åtgärder ska vara utförda senast första november. De anläggningar som saknar styrning från Imse Webmaster, IMW, och enbart styrs lokalt ska aktiveras senast 15 oktober (Trafikverket, 2010b).



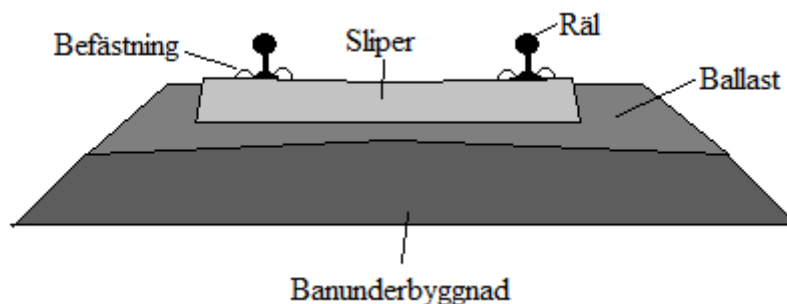
Figur 1 Standardmonterat växelvärmeelement fastsatt med fjäderklamrar

1.2 Beskrivning av system och problem

I Sverige har olika växelvärmearläggningar förekommit genom åren. Från allra första början hölls spårväxlarna isfria av banpersonal som för hand sopade växlarna. Gasolvärme provades som metod på 60-talet, men existerar inte i Sverige idag pga. höga underhållskostnader och låg driftsäkerhet. Det har även funnits kraftiga fläktanläggningar som blåste bort snön istället för att värma upp spårväxlarna och idag finns två sådana anläggningar kvar i Gävle och Hagalund - Stockholm. Den metod som varit mest förekommande sedan 60-talet och är helt dominerande idag är elvärme med el-element monterade på rälerna.

1.2.1 Järnvägens uppbyggnad

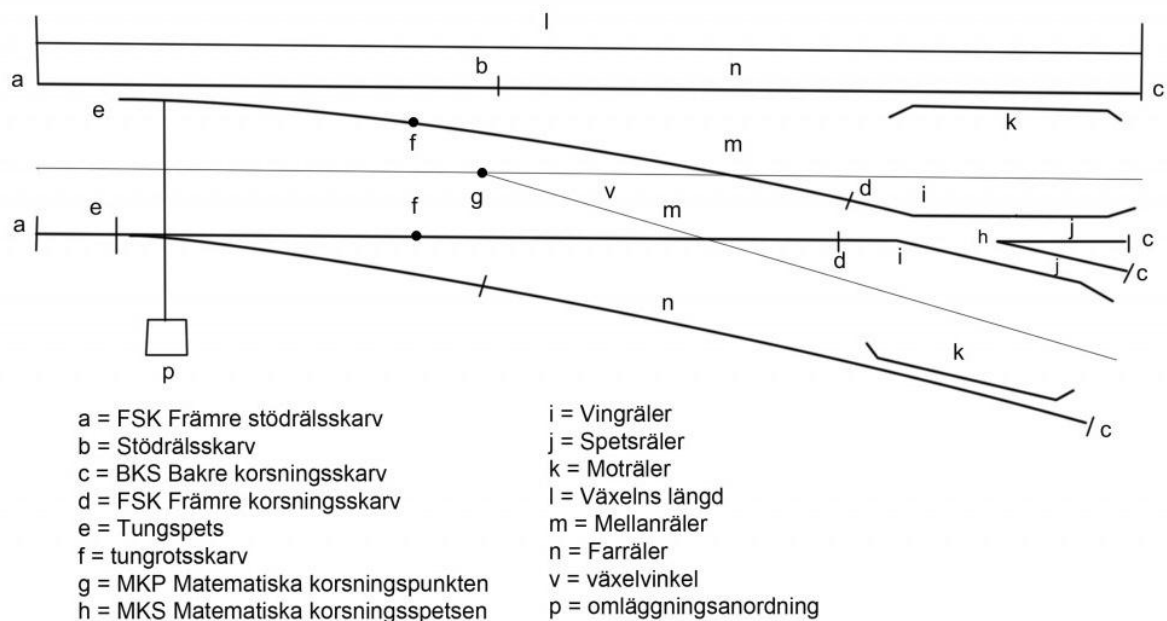
Järnvägens grundläggande infrastruktur är banan med underbyggnad av grus och sten, alternativt konstbyggnader såsom broar eller tunnlar samt överbyggnaden med dess specifika komponenter. I överbyggnaden består ballasten av krossad sten som håller spåret och dess komponenter på plats. I ballasten ligger slipers av trä eller betong som bär upp rälerna som i sin tur är fastmonterade med befästningar enligt figur 2. Samtliga dessa delar tillsammans med spårväxlarna är de huvudsakliga komponenterna i överbyggnaden och de enda komponenterna med rörliga delar är just spårväxlarna. Även kontaktledningssystemet med stolpar och trådar ingår i begreppet banöverbyggnad, men är enbart anslutna till rälerna elektriskt (Fröidh, 2010).



Figur 2 Normalsektion av banans överbyggnad.

1.2.2 Spårväxlar

De känsliga komponenterna i spårväxlarna är de rörliga växeltungorna med vidhängande stag och drivutrustning som beskrivs i figur 3. Det är växeltungorna som styr fordonens hjul in på rätt spår och de måste ligga i rätt läge med en liten felmarginal för att förhindra urspårning. Tungspetsen ska ligga mindre än tre millimeter ifrån rälen för att spårväxeln ska gå i kontroll och därmed tillåta passage. När avståndet blir så stort som fem millimeter ska spårväxeln gå ur kontroll och passage får inte tillåtas, vilket kan ske om något föremål hamnar i vägen för växeltungan.



Figur 3 Komponenter i spårväxel (Järnvägsinfo, 2012)

1.2.3 Behov av växelvärme

En vanlig orsak till att snö och is hamnar i vägen för växeltungornas rörelser är kraftigt snöande i samband med vind. En annan är att isklumpar, som bildas under fordonen vid fuktigt vinterklimat, ramlar av tåg då de skakar till något vid passage genom spårväxlar (Trafikverket, 2010b). Med ökad hastighet ökar även undertrycket bakom fordonet som suger in snö och is i växlar efter passage. Detta problem har ökat sedan 90-talet då X2000 infördes då de ofta kör i hastigheter över 160 km/h, vilket tidigare var maximala hastigheten för tåg i Sverige. För att förhindra problemet med drivande snö så kan snöstaket monteras i nära anslutning till spårväxeln och borstar kan monteras alldeles intill rälererna. Dessa har gjort att mängden snö i växlarna har minskat. Ett alternativ som används i växlar med största tillåtna hastighet (STH) under 160km/h är att de kläs in med plywoodskivor på utsidan om stödrälen och presenningar på insidan om tungräl. För att avlägsna den snö och is som ändå har hamnat mellan rälererna behövs ett system för att smälta eller avlägsna den is och snö som ligger i vägen (Trafikverket, 2010b). Problemen med snö och is uppstår när spårväxlarna inte kan läggas om och leda in tågen på sidospår för omkörning eller tågmöten. Ett sätt att undvika krånglande spårväxlar är att helt enkelt låta bli att lägga om dem utan att köra tågen efter varandra i rak kolonn. Detta kräver en effektivare trafikplanering (Kron 2012).

1.2.4 Konsekvenser med bristfällig växelvärme

Om snöröjning i spårväxlarna eller växelvärmearrangeringarna inte fungerar tillfredsställande kan det få stora konsekvenser. En isklump som ligger mellan växeltunga och stödräl kan göra att spårväxeln går ur kontroll med följd att spårets signaler visar rött vilket orsakar stopp i trafiken (Trafikverket, 2010b).

Om ett element slutar fungera uppstår ytterligare problem då styrsystemet för växelvärmerna inte felindikerar. Systemet fortsätter då visa att den är i drift varpå risken för att spårväxeln isar igen ökar.



Figur 4 Spårväxel med borstar som snöskydd samt kåpa över dragstänger.



Figur 5 Spårväxel med plywoodskivor och presenningar som snöskydd (Brofalk, 2012)

1.3 Syfte

Syftet med detta examensarbete har varit att lokalisera och beskriva olika energiförluster i en växelvärmearläggning, identifiera hur förbättringar kan göras för att minska energiförlusterna samt att presentera alternativa uppvärmningsmetoder. Syftet har också varit att genom en laboration testa alternativa monteringsmetoder av värmeelement mot räl och studera vilka effekter de olika metoderna kan ha. Följande frågeställning har ingått i studien:

- Vilka alternativa uppvärmningsmetoder finns idag?
- Vilka alternativa styrsystem finns idag?
- Kan dagens växelvärmearläggningar göras effektivare och bättre och i så fall hur?
- Vad kan göras för att undvika problemen vintertid?

1.4 Avgränsningar

Vi har genomfört arbetet som en fördjupad idéstudie av våra egna och företaget Vecturas idéer, för att hitta mindre kostsamma förbättringsmöjligheter i dagens värmesystem. Vi har därmed inte som syfte att utveckla en färdig produkt.

I laborationen vi gjort har vi endast valt att testa det konventionella elsystemet som finns i Sverige idag och endast gjort förändringar i monteringen av dessa. De alternativa förändringar vi gjort var inte produktspecifika utan rent funktionsmässigt beprövade.

Alternativa system, såsom vattenburen och gasdriven uppvärmning med mera, har uteslutits ur laborationen på grund av dess komplexitet. Vissa jämförelser görs däremot med dessa värmesystem i resultatdelen.

Mättningsmässigt har vi valt att undersöka värmeöverföringen från element till räl för att kunna jämföra olika alternativ. Därmed har inte funktionen att smälta is och snö jämförts.

I resultatdelen har vi inte tagit hänsyn till material- och installationskostnader för de olika alternativen, utan endast jämfört energiförbrukning och effektivitet.

1.5 Rapportens upplägg

För att lyfta fram problematiken med växelvärmens inleds rapporten med en beskrivning av dagens system inom växelvärme.

I kapitel tre och fyra beskriver vi hur växelvärmeanläggningen är uppbyggd, dess komponenter, behov av värme och konsekvenser med att ha växelvärme. Växelvärmeanläggningarnas energiförluster beskrivs i kapitel fyra. Alternativa lösningar som prövats och är under utveckling presenteras i kapitel fem och resultatet av våra undersökningar presenteras i kapitel sex samt vår laboration i kapitel sju.

Rapporten avslutas med en diskussion utifrån resultatet av vår laboration, enkätundersökningen och våra egna idéer samt med förslag till förbättringar.

2 Metod

I detta arbete har fyra metoder använts, en intervjustudie för grundläggande problembeskrivning, en litteraturstudie för informationsinsamling, en enkätstudie där utökad kunskap sammanställdes samt en avslutande laboration. I laborationen undersökte vi, med hjälp av olika monteringsmetoder för värmeelement, enkla lösningar för att minska energiåtgången.

2.1 Intervjuer

I arbetets inledning gjordes två kvalitativa intervjuer. Först intervjuades en lärare i lågspänningsanläggningar på Järnvägsskolan i Ängelholm, om hur dagens växelvärmesystem är uppbyggt, dess problem och hur växelvärmearnläggningar fungerar. Därefter träffade vi en bandelsförvaltare och platschef på ett entreprenörsföretag i Lund för att få en inblick i hur snöröjning utförs, problemområden med växelvärmesystem samt dess möjliga förbättringar. Dessa intervjuer ägde rum på personernas respektive kontor i mars 2012. Intervjuerna tog ungefär 45 minuter. Svaren analyserades och sammanfattades och presenteras som bilagor i denna rapport. Konversation har även skett löpande via telefon och e-post med innovatörer, tillverkare och experter inom området då problem och frågor dykt upp. Resultat från dessa samtal ligger till grund för kapitel 3 och delvis även för kapitel 4 samt för vägledning inför laborationen.

2.2 Litteraturstudie

För att få information om olika system och deras funktion så har vi sökt upp och läst igenom föreskrifter via banportalen, utredningar av statliga myndigheter, produktblad ifrån tillverkare och övriga publicerade dokument.

2.3 Enkätstudie

En enkätundersökning genomfördes som en del av arbetet för att få inblick i problematiken med dagens växelvärmearnläggningar och dess utvecklingspotential. Frågorna skickades under mars 2012 till tretton representanter på tio olika företag som är kunniga inom området varav sju personer svarade. För att få ett så brett spektra som möjligt av svarande skickades enkäten ut till allt från banförvaltare och utvecklare av värmearnläggningar och styrsystem till projektörer och entreprenörer inom järnvägssektorn. De företag som svarade var:

Axel 4 Consultancy AB	- Systemutvecklare
Balfour Beatty Rail AB	- Entreprenör
Crabat AB	- Entreprenör
One-Nordic	- Entreprenör
Strukton	- Entreprenör
Trafikverket	- Banägare
Velox	- Systemutvecklare

De frågor som ingick i enkäten var:

- Vilka anser ni är de tre största bristerna med dagens växelvärmesystem?
- Var tror ni att effektiviseringspotentialen är störst? Genom effektivisering av element eller styrsystem?
- Ge tre exempel på hur man kan vidareutveckla dagens system. Motivera
- Om ni får välja ett helt nytt system, vilket väljer ni och varför väljer ni detta?
- Vad anser ni är den största felorsaken på elementen ute i spåren?

För att få en djupare förståelse av området, så ställdes frågor utan svarsalternativ och personerna fick berätta om sina egna erfarenheter med växelvärmearläggningar. Svaren samlades in via en enkät, men studien kan ändå betraktas som kvalitativ, eftersom inga kvalitativa data eller statistik presenteras. Alla enkätsvar sammanställdes och presenteras i kapitel 7.1.

2.4 Laboration

Laborationen utfördes 2012-04-20 i E-huset på Järnvägsskolan i Ängelholm där övningar och utbildning med växelvärmearläggningar sker och en spårväxel för vår laboration finns placerad. Efter vår enkätstudie diskuterade vi fram fyra olika monteringsätt för värmeelementen att jämföra mot dagens standardmontering. Inledningsvis monterades ett element som nollalternativ enligt dagens standardmetod. Därefter monterades våra fyra egna alternativ och som ett femte alternativ monterade vi ett element, på ett sätt som vi förväntade oss skulle ge sämre resultat, för att undersöka hur anläggningen försämrades om denna montering användes.



Figur 6 Spårväxeln redo för mätning, mätpunktsstolar utplacerade.

När inkopplingen var gjord kunde vi inleda mätningarna. För att mäta strömmen till varje element och därefter räkna ut energiförbrukningen användes en tångamperemeter och för att läsa av rälets temperatur användes en IR-kamera. Kamerans bilder sparades på ett minneskort för att användas i vår analys av laborationen.

För att få likadana och jämförbara bilder, så är alla monteringsalternativ tagna från samma vinkel. För att klara detta ställdes stolar ut på samma avstånd och höjd från rälets mätpunkter. Mätpunkterna var mellan två slipers och precis i övergången mellan rälsfot och räsliv i samtliga alternativ.

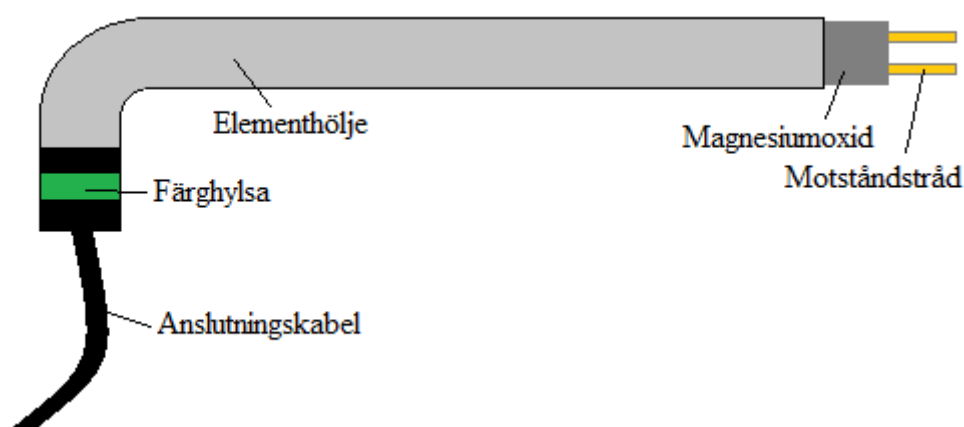
Mätningarna gjordes var femte minut under en 75-minutersperiod. Inledningsvis mättes rälsstemperaturen innan strömmen slogs på för att få en starttemperatur. Vid start hade rälsarna samma temperatur som omgivande luft och vi använde rälsstemperaturen för att mäta referenstemperaturen innan vi startade styrdonet och uppvärmningen av elementen. Efter genomförd laboration förde vi in alla mätvärden i en tabell och beräknade energiöverföringskapaciteten mellan element och räl i samtliga fall. Dessa jämfördes för att få fram vilket alternativ som var effektivast i att överföra värmeenergi från element till räl och hur mycket bättre eller sämre alternativen var jämfört med nollalternativet.

3 Beskrivning av spårväxelvärmeanläggningar

Spårväxelvärmesystemen som håller spårväxlarna snö- och isfria i dagens järnvägstrafik styrs via de styrskåp som är placerade i anslutning till spårväxlarna. Dessa tar hänsyn till lokal temperatur och nederbörd. Uppvärmningen sker med el-element som sitter vid järnvägsrälsen och är fastmonterade utan skydd och isolering. Dessa värmer därför till viss del upp uteluften, istället för rälen, helt i onödan. I detta kapitel beskrivs element, styrning av värmen, energiförluster i anläggningarna och ett internationellt nedslag görs kring våra grannländer samt alpländerna och de anläggningar som används där.

3.1 Element

Elementen är uppbyggda, som skissen i figur 7 visar, av två motståndstrådar som är inbakade i magnesiumoxid och omslutna av ett ovalt rostfritt rör. Elementen är dubbelisolerade och inte skyddsjordade, då detta leder till kortslutning mellan rälen vilket indikerar att fordon befinner sig på spåret.



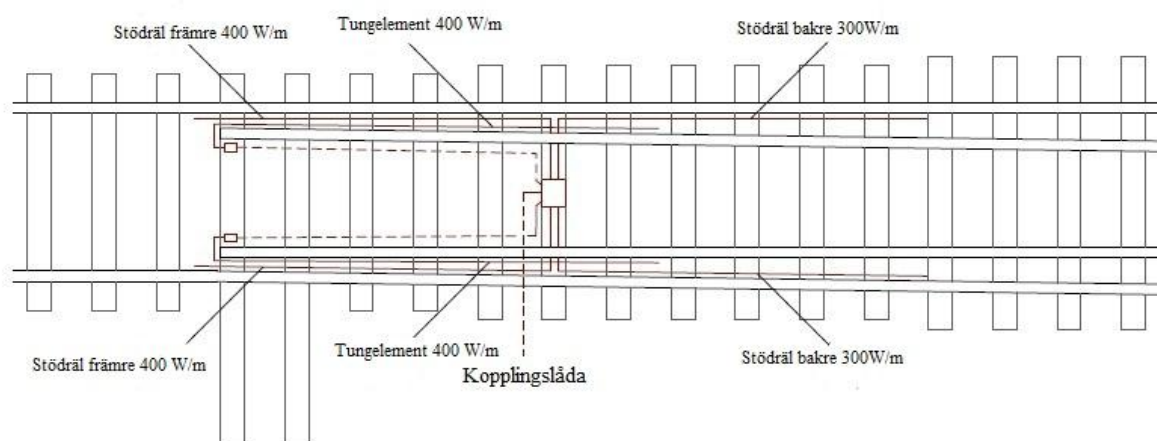
Figur 7 Principskiss växelvärmeelement

De element som idag används i Sverige tillverkas av danska SAN och har olika effekter beroende på längd och placering i spårväxeln. Från hjälpkraften ansluts växelvärmeelementet och till kopplingsdosorna i växeln matas elementen med 2x115V tvåfas eller 220/127V trefas och elementen ansluts mellan två faser (Materialservice, 2012). Trafikverket har fått dispens ifrån Elsäkerhetsverket för installationen då det normalt endast får vara upp till 48 volt i ojordat utförande (Larsson, 2008). Elementernas effekter är 200-600W/m med elements totallängder på tre till fem meter och de är raka eller bockade beroende på var i spårväxeln de sitter. Elementens typ och effekt identifieras genom färgmärkning vid anslutningskabeln. Elementen monteras

mot rälen med hjälp av tre centimeter breda fjäderklamrar som kläms på rälen med cirka 30 centimeters avstånd från varandra.

I spårväxelns staggrop monteras även värmeelement för att kunna smälta bort snö och is från stagen som reglerar spårväxelns tungräler. Dessa element har 500 W effekt och monteras endast i huvudspårsväxlar (Materialservice, 2012). Värmeelementen placeras på stödrälens främre (400 W/m) och bakre (300 W/m) del samt på växeltungan (400 W/m).

Elementens största problem är att de är oskyddade och att de i vissa utsatta placeringar inte tål krafterna från passerande fordon.



Figur 8 Elementplacering i spårväxel (Trafikverket, 2011b)

3.2 Styrningar

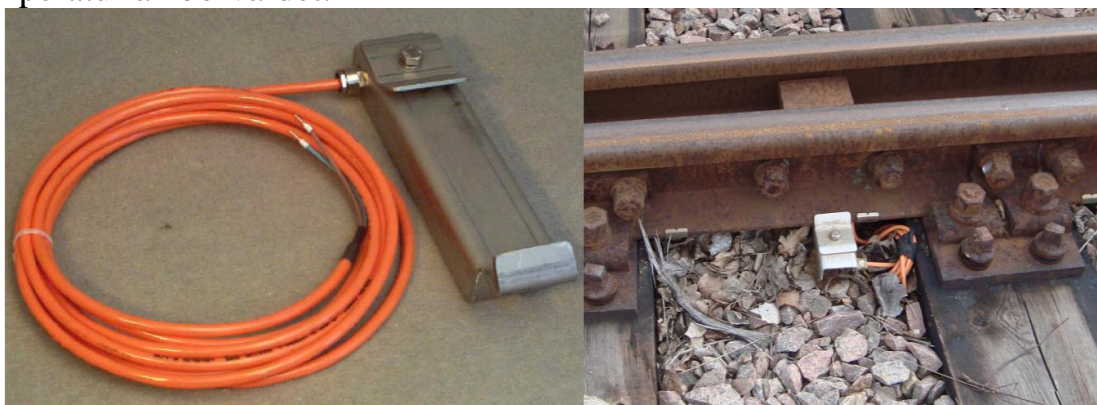
Trafikverket använder idag mer och mer av IMSE Webmaster (IWM) som, sedan den introducerades 2005, har halverat anläggningarnas energiförbrukning jämfört med den äldre reglercentralen ESJ 4065 (Trafikverket, 2011). En IWM är en liten datorenhet, likt en PLC (Programmable Logic Controller), med in- och utgångar som kan programmeras efter behov och alla verktyg för konfigurering och programmering finns inbyggda i den. Då alla in- och utgångar loggas i en IWM kan statistik hämtas och inställningar justeras med installerad mjukvara för varje enskild enhet. Den största skillnaden mot den äldre ESJ 4065 är att IWM tar hänsyn till rälstemperaturen och inte lufttemperaturen samt att en IWM styr uteffekten i värmeelementen beroende på temperatur. IWM har därför en ”jämnare” uppvärmning än ESJ 4065 som matar ut full effekt i olika korta tidsintervall beroende på temperaturen. ESJ 4065 är därför sämre för både elementens livslängd och styrsystem. Båda systemen tar hänsyn till nederbörd och startar värmeelementen först vid låg temperatur och nederbörd. En IWM startar normalt värmningen vid ett tidsinställt medelvärde av rälstemperatur på $+5^{\circ}\text{C}$ och nederbörd. Varje enhet kan justeras efter individuella och geografiska önskemål.



Figur 9 IMSE Webmaster i styrskåp (Banverket, 2005).

Alla IWM som monteras idag ska anslutas till internet via fiber, ADSL eller GPRS för enklare justering och feedback. Däremot är inte alla äldre IWM anslutna på grund av att när de monterades var det enbart ett alternativ enligt BVH543.42205 och inte ett måste. Nya versioner av reglercentralen ska även mäta energiförbrukningen av elementen, något som inte görs idag.

Växelvärmeanläggningens styrningar sitter ofta i två eller flera styrskåp som står monterade i anslutning till spårväxeln. Anläggningen består av ett masterskåp och ett eller flera slavskåp. IWM, som sitter i masterskåpet, kan ställas in med olika temperatur och nederbördscurvor via internet, via dator som ansluts direkt i skåpet eller från en operatörspanel som också finns i masterskåpet. För att styra ut rätt spänning och effekt till värmeelementen i spårväxeln behövs styrdon som sitter i båda skåpen. Ett styrdon klarar av en trefasgrupp med 230V huvudspänning och maximalt 28A per fas. IWM styr dessa styrdon via en förgrenings-hub och med den senaste modellen, IMSE Webmaster Pro, kan 32 styrdon styras vilket motsvarar 32 trefasgrupper. För att styra uppvärmningen sitter det två rälsgivare, på varsin räl, anslutna till IWM. Värmeelementen är aktiva så länge båda givarna indikerar lägre temperatur än börvärdet.



Figur 10 Rälsgivare Abelko monterad under räl (Banverket, 2005)

3.3 Beskrivning av energiförluster

Det finns två dominerande typer av energiförluster i spårväxlarnas värmesystem.

3.3.1 Energiförlust - element.

Spårväxlarnas värmeelement på rälerna sitter idag monterade direkt mot räl med två fjäderklamrar i mellanrummet mellan sliprarna vilket ger ungefär tre fjäderklamrar per meter räl. Detta resulterar i att elementen inte har kontaktyta längs hela elementet utan buktar ut något mellan fjäderklamrarna. I utbuktningen där det bildas ett mellanrum mellan räl och element, uppstår energiförluster då luft är en mycket bra termisk isolator.

Denna typ av energiförlust ligger till grund för vår laboration i kapitel 6.2. Elementen sitter också helt oskyddade i en smutsig miljö och påverkas därför av passerande fordon samt väder och vind.

3.3.2 Energiförlust - styrning

Ett stort problem med energiförbrukningen i växelvärmearläggningar är att de är inkopplade och i drift från oktober månad till maj månad utan att de behövs. Det är stor tid under den perioden som elementen värmer upp rälen trots att varken temperatur eller nederbörd gör det nödvändigt.

Dessutom förekommer det fall då element, där temperaturgivaren är monterad, går sönder. Då styrsystemet regleras av den temperaturgivaren med lägst värde fortsätter detta att styra ut hög effekt till de övriga elementen trots att temperaturen på övriga räler ligger över börvärde. Detta ger därmed en stor onödig energiförbrukning.

3.4 Internationell utblick

Danmark och Norge har liknande värmesystem med värmeslingor som Sverige. Den största skillnaden är de säkerhetstransformatorer som är placerade ute vid banan vid anslutning till spåret. Det som skiljer detta ifrån det svenska systemet är att transformatorerna sänker spänningen till 48 Volt då detta räknas som ”ofarlig” lågspänning, något som Sverige har dispens ifrån då de svenska elementen ansluts till 230 Volt. Utförandet på värmeslingorna är samma som de svenska och har effekter på upp till 1000 W/m med längder upp till 7,5 meter (San-AS, 2009).

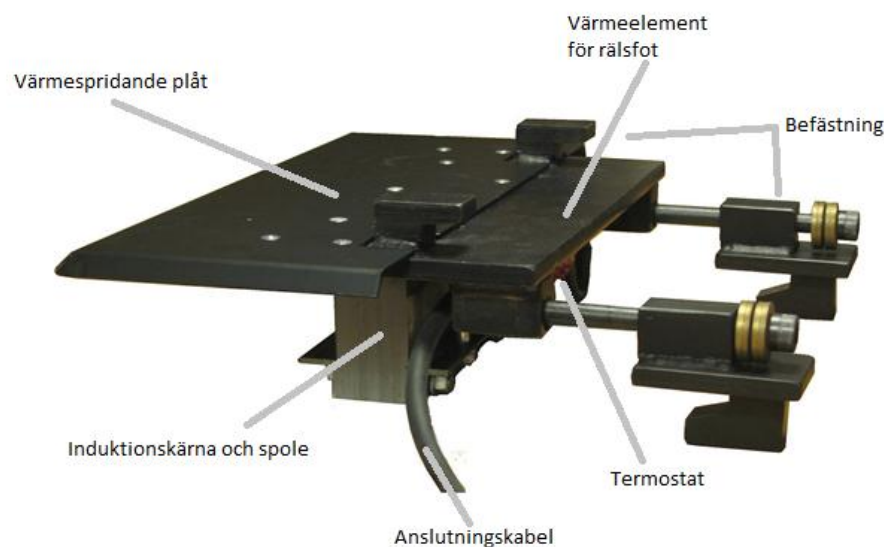
I Tyskland, Österrike och Schweiz där kraftiga snöfall är vanligt förekommande används gasuppvärmning som ett komplement till eluppvärmning i spårväxlarna. Även i Storbritannien och USA används gasuppvärmning för att hålla spårväxlarna isfria. De sistnämnda länderna har stor andel oelektrifierad järnväg och det kan vara en anledning till att gas används istället för el då detta kräver höga effekter när spårväxelvärmerna är i drift.

4 Alternativa lösningar på växelvärm och styrsystem

Idag är eluppvärmda element helt dominerande i Sverige. Historiskt har andra värmekällor förekommit och det finns andra alternativ som testas både i Sverige och i andra länder än de som presenteras i kapitel 3 och 4. I följande kapitel görs en genomgång av alternativa lösningar som vi funnit intressanta under arbetets gång.

4.1 Induktionsvärme

Sedan vintern 2010 har KKM AB i Sundsvall tillsammans med Balfour Beatty AB testat induktionsvärme för avisning av spårväxlar. Tillsammans har de utvecklat induktionselementet Indheater och 2011 startades företaget med samma namn. Idag görs tester av systemet på bandelar i Borlänge och Boden. Syftet med Indheater är att effektivisera avisningen, reducera effekten och minska servicegraden ute i spårväxlarna. Den färdiga produkten är ett induktionselement som fästes i rälsfoten mellan sliprarna och ger en direkt värme upp i rälen men även på en värmespridande plåt som finns monterad mellan element och räl. Denna plåt kan effektivt smälta is som hamnat mellan stödräl och tungräl. Varje element styrs av en inbyggd termostat och når en maxtemperatur av 135°C efter cirka två minuter.



Figur 11 Fysisk uppbyggnad av Indheater (Fälldin, 2012)

Fördelarna med Indheater, jämfört med dagens system, är att den är mycket energieffektivare på grund av att uppvärmningstiden är mycket kortare. Elementen har en maxeffekt på 950W och enligt tillverkaren så smälts ett kilo is (-20 °C) på mindre än sex minuter.

Tillverkaren menar att Indheater kan spara 60 % av energin idag och på sikt kan styrsystemet effektiviseras för ytterligare besparingar.

Tillverkningskostnaden beräknas bli mellan 30 och 40 % dyrare än dagens

system, men tillverkaren beräknar att denna kostnad ska betala av sig efter fem års drift. Induktionselementen är elektriskt anslutna men energiöverföringen till plattan och rälen är mycket effektivare än med vanliga el-element. En växel kräver minst 20 element och med rätt styrsystem kan varje element styras individuellt och endast värma där det behövs (Bilaga 2, 2012).

Tillverkare	Effekt per meter	Status	Monteringsmetod
KKM AB	950 W per element	Två testanläggningar i Sverige	Med skruvförband i rälsfot

4.2 Högeffektiva el-element

Svenska Safetrack Baavhammar AB har jobbat med metoder för signal och jordning sedan 1988 och har dessutom utvecklat ett högeffektivt element för växelvärme. Enligt tillverkaren är elementet konstruerat för att snabbt värma upp rälen där det behövs med en effekt på 600W per meter. Elementen har stor anliggningsyta och har ett isoleringsskikt som riktar värmen mot rälen. Montering görs med liknande klammer som vanlig växelvärme men elementen monteras på utsidan av stödrälen, dock finns det inga tungelement (Safetrack, 2012).



Figur 12 Safetrack värmeelement (Safetrack, 2012)

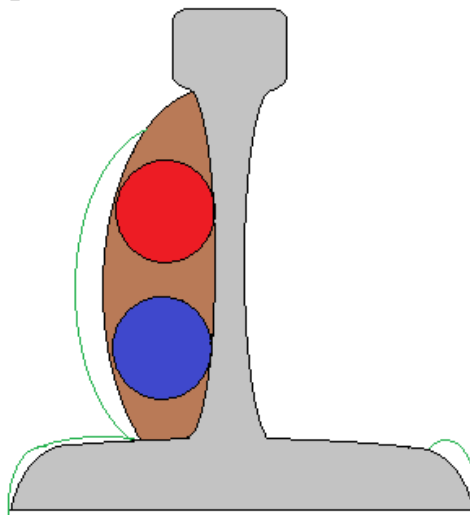
Tillverkare	Effekt	Status	Monteringsmetod
Safetrack Baavhammar AB	600 watt per meter	Under utveckling	Klammer på utsidan av stödräl

4.3 Vattenburen värme

Ett mer energieffektivt sätt att värma räler kan vara med ett vattenburet system. Grundidén är att vattenrör monteras mot rälen och varmvattnet i dessa värmer rälen istället för de el-element som monteras på liknande sätt. Vattenrören monteras med fördel så att returröret dessutom sitter mot rälen och därmed ökar kontaktytan vilket ger bättre värmeöverföring.

Värmekälla till det vattenburna systemet kan vara en värmepump som ansluts till ett borrarat hål eller en rörslinga i marken likt de anläggningar som används till bostadshus.

Som ett pilotprojekt finns det en anläggning i Ungern, som förser sju spårväxlar och även en plattformsyta på över 2000m², som värmer med hjälp av markvärmepump (Triple S, 2012).



Figur 13 Principskiss, vattenrör monterade mot räls

Utanför Karlshamn i Blekinge ska Stilleryds omlastningsterminal börja anläggas under 2012. Det är meningen att det där ska monteras vattenburen växelvärmepå åtminstone en av spårväxlarna och sedan ansluta det vattenburna systemet till det lokala fjärrvärmenätet. Vid fjärrvärmeverket håller returvattnet för hög temperatur och med en inkoppling av spårväxlarnas värmeslingor på fjärrvärmenätet är meningen att Karlshamns energi ska slippa att kyla bort värmen i onödan samtidigt som spårväxlarna värms upp. Denna ursprungliga idé har vidareutvecklats av Karlshamns energi i samarbete med Göteborg energi. Göteborg energi arbetar med en lösning för att koppla in ett spårväxelvärmsystem till ett fjärrvärmenät och detta ska presenteras under 2012.

Tillverkare	Effekt per meter	Status	Monteringsmetod
Triple S	??	Ska installeras i Stilleryd	Vattenrör fästs på utsidan av stödräl

4.4 Gasuppvärmning

Gasuppvärmd växelvärmepå installerades i Sverige under 60-talet men var både dyrt och underhållskrävande vilket gjorde att den försvann från marknaden när eluppvärmningen introducerades. Idag används dock fortfarande gasuppvärmning mycket utomlands i t.ex. Tyskland, Österrike och Schweiz där extremt snöfall är vanligt förekommande. Där används gasuppvärmning som ett komplement till eluppvärmning i spårväxlarna. Gasuppvärmning används också på oelektrifierade bansträckor där elkapaciteten är begränsad,

då gasuppvärmda system endast behöver en bråkdel elenergi för att tända och övervaka anläggningen.

Brännarrören tillverkas i aluminium och placeras på insidan av stödrälen där munstycket riktas mot räl. Naturgas eller propan används som bränsle och ger en effekt på ca 1000 W/m. Större bangårdar är oftast anslutna till stadsnätet men det förekommer anläggningar utanför stadsområden som har egna lokala gastuber (Pintsch Aben, 2008).

Tillverkare	Effekt per meter	Status	Monteringsmetod
Pintsch Aben	1000 watt per meter	I drift utomlands, ej i Sverige	Brevid räl

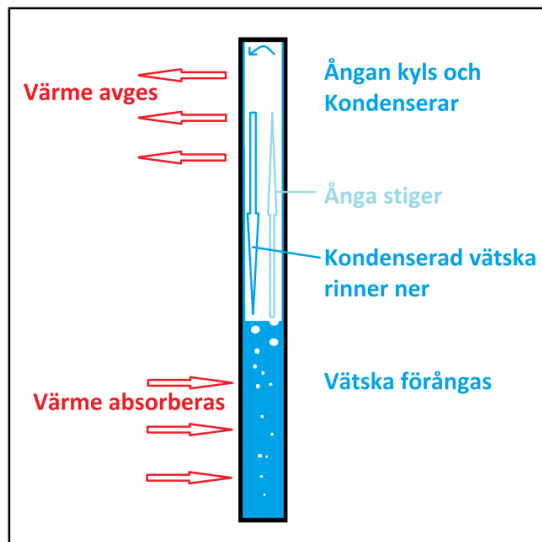
4.5 Flytande koldioxid

Nederländska Pintsch Aben har sedan 2010 experimenterat med att värma upp spårväxlarna med hjälp av flytande koldioxid. Systemet fungerar som en termosifon, d.v.s. en anordning där en vätska cirkulerar pga.

temperaturskillnader utan användning av rörliga delar.

Systemet, som är trycksatt till ca 40 bar i ett slutet rör, borrar ca 70 meter ner i marken där vätskan värms upp av markvärmen. När denna vätska har förångats och transporterats uppåt i röret har den en temperatur på mellan sex och tio grader Celsius och kan användas för att värma utrymmet mellan rälstunga och stödräl. När den förångade koldioxiden kyls ner av rälerna kondenserar den och faller ner i röret igen. När rälstemperaturen är varmare än temperaturen i botten av röret stannar processen upp automatiskt och startar sedan automatiskt igen vid omvänd temperatur. Processen i röret är helt självreglerande och oberoende av el och underhåll.

Installationskostnaden för ett termosifonrör av denna typ beräknas till mellan 30'000 och 40'000 Euro och har en avbetalningstid på ca 10 år. Det första systemet installerades 2010 i Hamburg inför deras "Green Capitol Hamburg"-mässan 2011 (Bine, 2010).



Figur 14 Principskiss för termosifon

Tillverkare	Effekt per meter	Status	Monteringsmetod
Pintsch Aben	??	Testanläggning Hamburg	75m borrhål

4.6 Skyddsläpp och specialräl

Sten Jonsson vid Ideus konsultteknik HB har utvecklat en bågformad specialräl, som stödräl, och en fjädrande gummiläpp som monteras på befintlig tungräl. Detta för att förhindra att isklumpar faller ner mellan tungräl och stödräl. Gummiläppen skjuts in eller ut under stödrälen vid växelomläggning då tungrälen flyttas emot eller ifrån stödrälen. Metoden fick 2005 patent, men har ej ännu testats i en riktig anläggning. Det är därför svårt att uttala sig om vilka effekter en sådan här lösning faktiskt skulle ha.



Figur 15 Trämodell av specialräl och gummiläpp. (SL 2010)

Tillverkare	Effekt per meter	Status	Monteringsmetod
Idé av Ideus	---	Idé, ej prövad	Ersätter dagens stödräler

4.7 Manuell snöröjning

Den ursprungliga metoden att hålla spårväxlar fria från snö och is var att banpersonal med sopkvast och spett utförde arbetet. Denna metod tillämpas fortfarande varje vinter när växelvärmearrangeringarna inte fungerar tillfredsställande.



Figur 16 Manuell snöröjning. (Trafikverket, 2010b)

Om växelvärmearrangeringarna skulle plockas bort och ersättas med personal för att konstant hålla spårväxlarna rena från snö och is skulle en person kunna säkerställa driften i totalt fyra spårväxlar om dessa befinner sig på samma driftplats. Lösningen är effektiv men väldigt kostsam och riskfylld för Trafikverket då det krävs personal ute i spårväxlarna för övervakning och snöröjning.

Tillverkare	Effekt	Status	Monteringsmetod
---	4 växlar / arbetslag & timme	Återkommande varje vinter	Sopkvast

4.8 Väderprognosstyrning

Något som förordas för att öka trafikeringsmöjligheterna är att införa styrning baserat på väderprognoser. En fördel med prognosstyrning är att elementen kan slås på innan temperaturen går under börvärde jämfört med dagens styrning som går igång vid börvärde, vilket gör att det tar längre tid att värma upp rälen till önskad temperatur. Idag används inte prognosstyrningen i Sverige och har inte heller testats. Det finns möjligheter med leverantörer av meteorologiska prognoser och färdiga styrsystem men ännu har de inte tillämpats vid växelvärmestyrningar. De funktioner som prognosstyrningar kan bidra med och är möjliga att utnyttja i spårväxelvärmesystem, är att ge lokala prognoser om is och frost för rälsen samt prognoser om nederbörd för att starta värmen i tid (MeteoGroup, 2012).

SMHI levererar idag prognosstyrningar för system som håller helikopterplattor, torg, lastramper och hållplatser snö- och isfria och enligt dem så kan stora energibesparingar göras i spårväxelvärmesystem. I SMHI:s system skickas en prognosfil två gånger per timme till växelvärmecentralen eller webservern.

Tillverkare	Effekt per meter	Status	Arbetsmetod
SMHI / Meteo Groupe	??	Under utveckling	Styrning via väderprognos

5 Resultat av enkätstudie

Genom den enkätstudie som genomfördes framkom kunskap om vilka brister som är störst med dagens spårväxelvärmesystem. Det framkom också var störst effektiviseringspotential finns, hur dagens system kan vidareutvecklas, vilka alternativa system som rekommenderas samt vilka de största problemen med värmeelement är. Resultatet presenteras nedan.

5.1 Brister med dagens spårväxelvärmesystem

På frågan om vilka som är de tre största bristerna med dagens spårväxelvärmesystem kom följande svar:

Systemutvecklare och banförvaltare anser att systemet idag inte utnyttjar den teknik som finns tillgänglig. Många äldre anläggningar med on/off teknik (t.ex. ESJ 4065) är fortfarande i bruk och de saknar övervakning eller möjlighet att styra på ett energieffektivt sätt, vilket hade varit möjligt om de via IWM och webserver var anslutna och reglerbara över internet.

I den mån de är anslutna till en webserver är de inte alltid injusterade efter lokala förhållanden vilket sänker effektiviteten. Övervakningen via GELD indikerar idag endast om anläggningen är tillslagen eller larmar. Om vissa delar av anläggningen går sönder larmar den dock inte och då ser det ut som om anläggningen fortfarande är i drift.

Att IWM inte används fullt ut bekräftades av vissa entreprenörer som dessutom anser att elementen håller för låg kvalitet och sitter monterade oskyddat och vissa även felaktigt. Att montera vissa element mer optimalt och lokalt anpassat i olika spårväxlar anses även från banägaren höja effektiviteten.

För att upprätthålla funktionen vintertid görs besiktning och funktionskontroll under hösten, men bör enligt banägaren utföras flera gånger under vintern.

En systemutvecklare anser att byråkratin med att testa alternativa och nya lösningar samt brist på personal är ett stort problem.

En annan brist anses från en entreprenör vara att systemet inte klarar av att smälta de isklumpar som faller av de fordon som passerar.

Även arbetet med att byta element är tidskrävande då spåret är fyllt med makadam och fjäderklamrarna är monterade under rälerna.

En annan entreprenör ser dagens 230V-system som en brist och rekommenderar ett system med högre spänning, möjligen för att höja effekten på elementen.

5.2 Effektiviseringspotential

När frågan ställdes om den största effektiviseringspotentialen finns i värmeelement eller styrsystem var svaren så gott som enhälliga.

Styrsystemen har störst utvecklingsmöjlighet enligt banägare, utvecklare och vissa entreprenörer. Att effektivisera övervakning och reglering är något som svarats och då exempelvis som väderleksstyrning. Styrsystemen aktiveras då av väderleksprognoser.

Entreprenörer anser att elementen håller störst utvecklingspotential och då mest vid värmeöverföring från element till räl. Vissa entreprenörer anser även att befintligt styrsystem bör utvecklas.

En systemutvecklare framför att om snöskydd kan förhindra att isklumpar faller ner i spårväxlarna kan ett nederbörds- och temperaturbaserat styrsystem radikalt sänka energikostnaden. Framförallt på grund av att det är isklumparna som är det stora funktionella problemet. Samma utvecklare säger sig kunna bevisa att genom montering av element på både tungräl och stödräl kan effekten i spårväxeln växelvärmesystem halveras. Detta är något som inte görs på alla växlar idag.

5.3 Vidareutveckling av dagens system

För att få reda på var utvecklingspotentialen finns i dagens system bad vi varje enkätsvarare att ge tre alternativ.

Från systemutvecklare och banägare uppgavs förutom åtgärder av de brister som nämndes i första frågan, att en förvaltarorganisation med ansvar för drift och underhåll av hela systemet bör upprättas för att säkerställa funktionen.

Att använda sig av prognosstyrning tas upp av både utvecklare och entreprenörer. En entreprenör uppgav att individuellt styra varje element skulle kunna minska onödig drift. Om ett element på rälen där en temperaturgivare sitter monterad går sönder, kommer givaren konstant att indikera för låg temperatur trots att spänning matas ut. Resultatet blir att stora mängder energi värmer upp de resterande elementen och rälerna i onödan.

Från entreprenörer kom förslag på att skydda elementen, flytta kopplingsdosorna som är monterade i utsatt läge på sliparna och att eventuellt komplettera med någon form av ”Turbo-drift” för att smälta isen.

En utvecklare ansåg att snöskydd som förhindrar isklumpar att hamna i spårväxeln skulle förbättra funktionen.

5.4 Rekommenderat system

Om de tillfrågade skulle få välja ett helt nytt system, skulle de som äger och utvecklar det system som idag används, välja just detta. Det pågår en uppgradering i landet där de äldre styrningarna byts ut mot IWM Pro och de

IWM som inte är uppkopplade mot webserver kopplas upp via fiber, ADSL eller GPRS.

En utvecklare rekommenderar ett system med en gummiläpp som sitter monterad mellan en egenutvecklad typ av räl som stödräl och tungräl som i sin tur förhindrar is och snö från att hanna mellan dessa (presenterades i kapitel 5.6 som en alternativ lösning). Om fordonen dessutom utrustas med skydd för att förhindra att snö fastnar och samlas så kommer andelen isklumpar i spårväxlarna att minska markant.

Den enda av entreprenörerna som gav förslag på helt system förordade induktionsvärme som presenterades i kapitel 5.1.

5.5 Vanligaste problemen med element

För att få en uppfattning om vilka som är de största problemen med elementen så uppfattades det lite olika av utvecklare och entreprenörer. De sistnämnda ansåg att det ofta blir kortslutning i elementen och dess anslutningskablar och att en anledning kan vara att de är oskyddade. Det är också ett problem med kopplingsdosorna som inte har tillräckligt hög IP-klass och dessa sitter i ett utsatt läge.

Utvecklarnas synpunkt är att elementens montering var bristfällig med dålig passform och dålig värmeöverföring som följd samt att elementen ibland tappar sin funktion på vissa partier. Dessutom gör korrosion att elementen får kortare livslängd. Elementen som placeras på räl i ytterkurvor förbrukas snabbt och vissa av dem behöver ibland bytas årligen. Detta beror på att de pressas sönder då de stora sidokrafterna ifrån tågen pressar tungrälen mot stödrälen.

Sopmaskiner, som vid snökaos kör igenom spårväxlarna, gör att många fel på elementen uppstår genom att de borstar bort klamrar.

6 Resultat av laboration

I detta kapitel presenterar vi det material som användes vid laborationen, hur elementen monterades och bilder på detta samt mätvärden och andra resultat.

6.1 Material och komponentlista

För att kunna genomföra laborationen använde vi oss av följande material:

- En spårväxel EV BV/SJ-50
- En bit SJ-50 räl som vi limmade alternativ fyra på för att eventuellt inte förstöra växeln.
- Sex värmeelement: 3400mm, 600W
- Ca 100 fjäderklamrar
- Ett växelvärmeskåp med ESJ4065 - styrdon
- Två kabelskydd som ”värmeavskärmande” skyddsplåtar
- En tub värmetåligt lim, 300°C CASCO 2999
- En tub kopparpasta, -35°C - 1100°C, Biltema: 36-1800
- En spänningsmätare
- En tångamperemeter
- Värmeamera
- Digitalkamera

6.2 Förberedelser och montering

Genom enkätstudien bekräftades våra idéer om att bätte montering av element medger en förbättrad värmeöverföring. Därför valde vi att laborera med olika monteringsätt av element mot räl för att se om dessa kunde öka värmeöverföringsförmågan. Vi valde även att undersöka hur en anläggning försämras vid bristfällig montering.

I anslutning till spårväxeln finns ett styrskåp med ett styrdon, typ ESJ 4065, för att fördela ut spänning till elementen. Vi valde att använda detta styrdon då dess testfunktion förbikopplar temperatur- och nederbördsgivare och ger full effekt till elementen under fyra timmar. Fjäderklamrar fanns likaså att tillgå i flera olika modeller beroende på var i spårväxeln de skulle sitta och vilken typ av element eller kabel de skulle hålla fast. Vi valde att använda samma typ av klammer i hela laborationen då rälen var likadan i hela växeln och element ej fästes på rälstungan.

Följande sex olika monteringar av värmeelement gjordes och vi anslöt dem via kopplingsdosor till styrskåpet:

Nollalternativ Standardmontering:

Montering av värmeelement med två fjäderklamrar mellan varje sliper vilket gav tre fjäderklamrar per meter element och räl.



Figur 17 Nollalternativ - Standardmontage

Alternativ ett - Fler fjäderklamrar:

Monteringen gjordes som i nollalternativet med skillnaden att totalt tretton fjäderklamrar monterades i utrymmet mellan sliparna vilket gav 20 fjäderklamrar per meter element och räl.



Figur 18 Alternativ 1 - Fler fjäderklamrar

Alternativ två -Avskärmningsplåt ovanpå

Monteringen gjordes som i nollalternativet med skillnaden att en skyddsplåt med avsikt att vara värmeavskärmande monterades direkt mot elementet med fjäderklamrar utanpå.



Figur 18 Alternativt 2 - Skyddsplåt

Alternativ tre - Värmeledande pasta:

Monteringen gjordes som i nollalternativet med skillnaden att ett lager av kopparpasta placerades mellan element och räl för att öka kontaktytan och förhoppningsvis även värmeöverföringen.



Figur 19 Alternativ 3 – Kopparpasta

Alternativ fyra - Limning

Monteringen gjordes som i nollalternativet men utan fjäderklamrarna och istället limmades elementet fast med värmetåligt lim för att öka kontaktytan. Detta gjordes på separat räl bredvid växeln för att enklast kunna återställa efter laborationen.



Figur 20 Alternativ 4 - Limmat element

Alternativ fem - Färre fjäderklamrar:

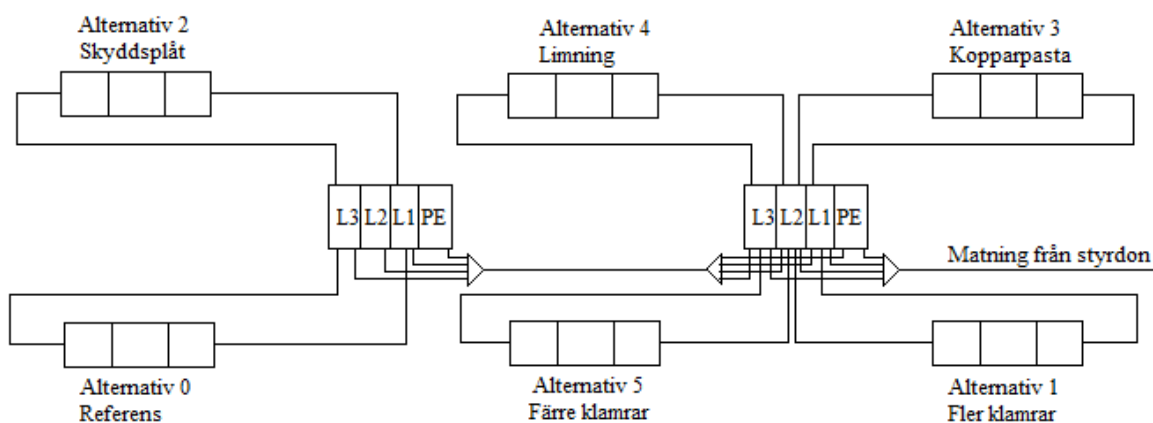
Monteringen gjordes som i nollalternativet med skillnad att halva antalet fjäderklamrar sattes in mellan sliprarna vilket gav knappt två fjäderklamrar per meter element och räl.



Figur 21 Alternativ 5 - Färre fjäderklamrar

Med elementen monterade kopplades de in i spårväxels kopplingsdosor som i sin tur var anslutna till ett ESJ4065 styrdon där vi med hjälp av testfunktionen körde elementen på full effekt under hela tiden av laborationen.

I spårväxels kopplingsdosor fanns från styrdonet tre faser L1, L2 och L3 med 220V mellan faserna (huvudspänning). Elementen anslöts så vi fick balans i trefssystemet med avseende på de belastade faserna då samtliga element var på samma angivna effekt på 600W.



Figur 21 Kopplingsschema laboration

6.3 Resultat

Laborationen utfördes med mål att minska energiförlusterna vid värmeöverföring mellan element och rärl. Syftet med laborationen var att se om enkla åtgärder kunde minska förlusterna och därmed effektivisera anläggningens funktion med avseende på energiförbrukning.

Mätningarna i vår laboration avslutades efter 75 minuter då rälstemperaturerna hade stigit ca 20°C. Vi såg tydliga skillnader i resultatet efter att ha mätt femton olika värden i rälstemperatur och energiförbrukning för varje element. Motståndet i elementen hade stabiliserats sig, vilket tyder på att de var uppe i arbetstemperatur, samtidigt som temperaturökningen i rärlen avtog.

Vi beräknade fram den genomsnittliga effekten mellan varje mättillfälle för att få fram den totala energiförbrukningen. Sedan beräknades förhållandet mellan total energiförbrukning och temperaturförändring i intervallet, för att få fram just energiöverföringskapaciteten som sedan jämfördes mellan de olika alternativen.

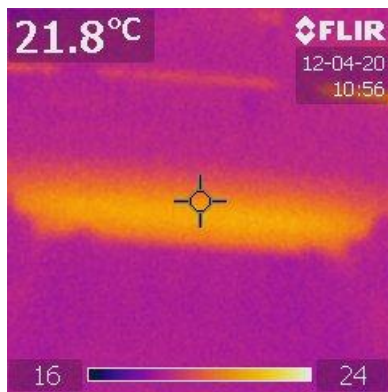
Alternativ 0

Vad: Nollalternativ (referensalternativ)

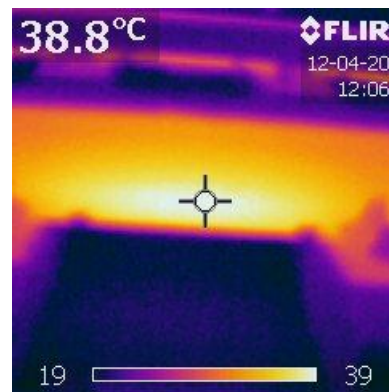
Hur: Tre fjäderklamrar per meter, standardinstallation

Syfte: Ett referensalternativ med dagens montering av växelvärmesystem. För att kunna jämföra nya förslag på monteringar med en verklig installation.

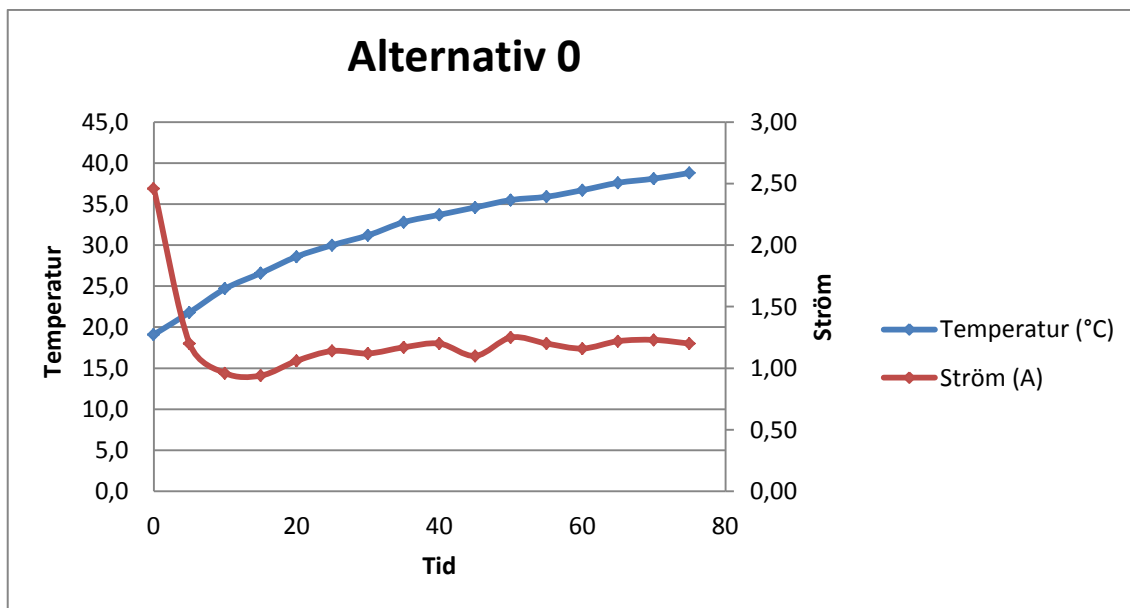
Resultat: I laborationens temperaturintervall gav detta alternativ resultatet att det krävdes 29,76 wattimmar för att höja rälstemperaturen en grad. Detta var också den referens som användes för jämförelse med de andra alternativen.



Figur 22 Värmefotografi efter 5 minuter



Figur 23 Värmefotografi efter 75 minuter



Figur 24 Temperatur och strömdiagram, alternativ 0

Alternativ 1

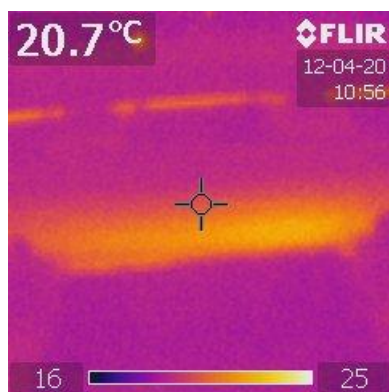
Vad: Värmeelementet fästes i rälen med fler fjäderklamrar.

Hur: Fjäderklamrarna monteras på elementet längs hela utrymmet mellan sliparna, ca: 20 fjäderklamrar per meter.

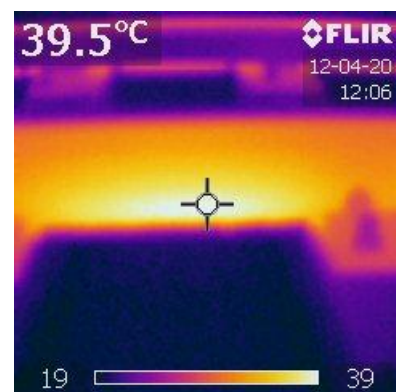
Syfte: Testa om bättre kontaktyta ger en effektivare värmeöverföring. I laborationen användes vanliga fjäderklamrar som var tre centimeter breda men tanken är att man monterar elementet med en stor klammer istället för flera små.

Resultat: Ökad värmeöverföring med fler fjäderklamrar då kontaktytan mellan element och räl ökade. Enligt mätningarna krävdes det 28,45 wattimmar för att höja temperaturen en grad vilket var 4,42 % bättre än nollalternativet.

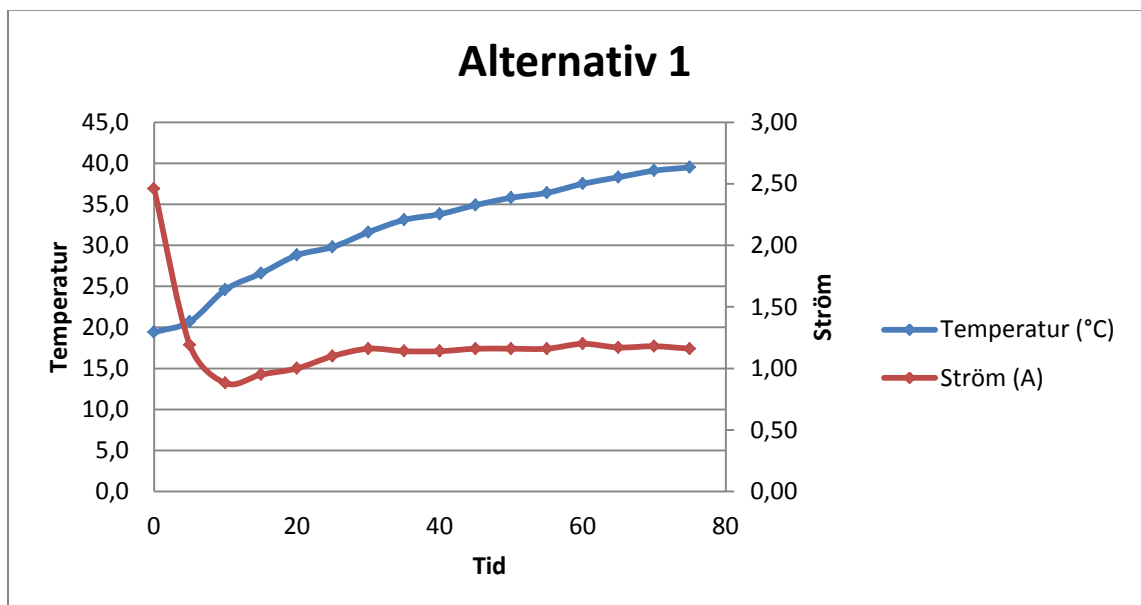
Förväntningarna var en större skillnad i resultat på grund av det stora antalet klamrar som användes jämfört med nollalternativet.



Figur 25 Värmefotografi efter 5 minuter



Figur 26 Värmefotografi efter 75 minuter



Figur 27 Temperatur och strömdiagram, alternativ 1

Alternativ 2

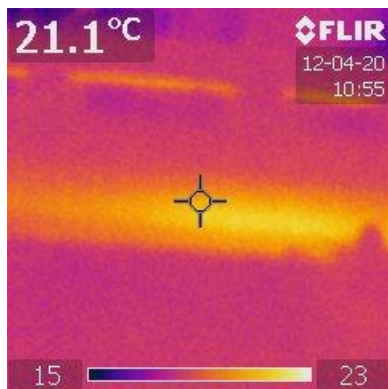
Vad: Plåt monterades över värmeelement

Hur: En fem centimeter bred plåt, som var välvd för att ha plats åt värmeelementet, monterades över elementet som fästs mot räl med samma fjäderklamrar som vid nollalternativet. Ca: tre fjäderklamrar per meter.

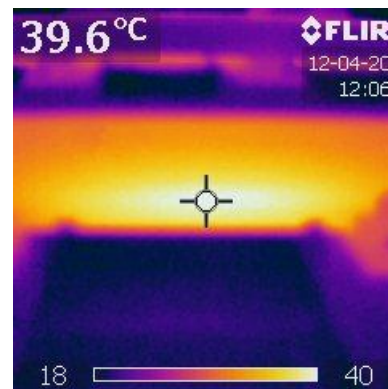
Syfte: För att minska värmeöverföring till luft avskärmas värmen mot rälerna med plåten som fästes mot räl.

Resultat: Något bättre resultat med en plåtbit mellan element och fjäderklamrar. Enligt mätningarna krävdes det 29,12 wattimmar för att höja temperaturen en grad vilket var 2,18 % bättre än nollalternativet.

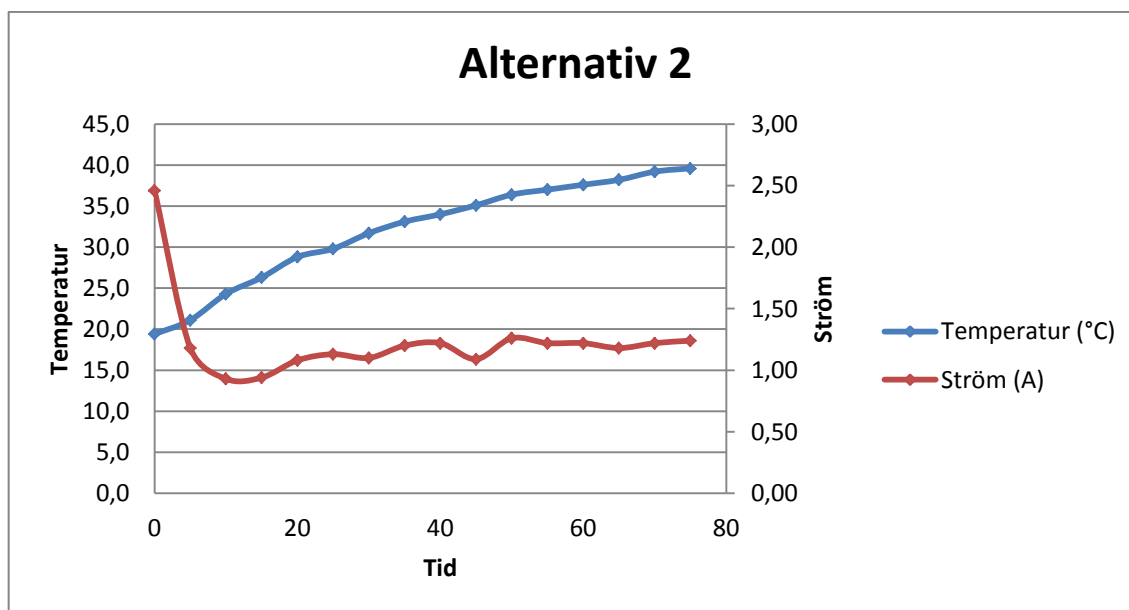
Resultatet var oväntat då det förväntades minst samma resultat som för alternativ ett med fler klamrar.



Figur 28 Värmefotografi efter 5 minuter



Figur 29 Värmefotografi efter 75 minuter



Figur 30 Temperatur och strömdiagram, alternativ 2

Alternativ 3

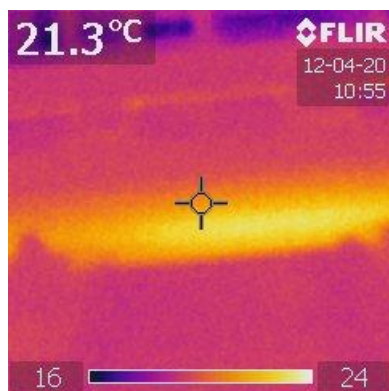
Vad: Kopparpasta mellan värmeelement och räl

Hur: Ett lager med kopparpasta applicerades mellan räl och värmeelement som sedan fästes med ca 3 fjäderklamrar per meter.

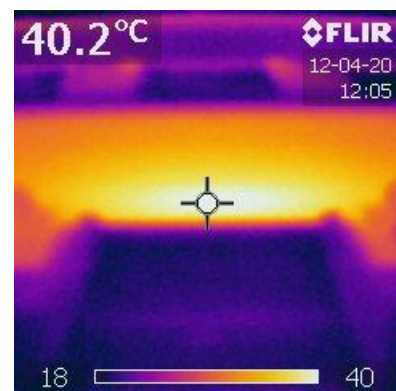
Syfte: Undersöka om ökad kontaktyta gav en ökad värmeöverföring. Med kopparpastan fyllde vi igen onödiga luftrum mellan element och räl.

Resultat: Laborationens näst bästa resultat med kopparpasta mellan element och räl. Enligt mätningarna krävdes det 27,48 wattimmar för att höja temperaturen en grad vilket var 7,70 % bättre än nollalternativet.

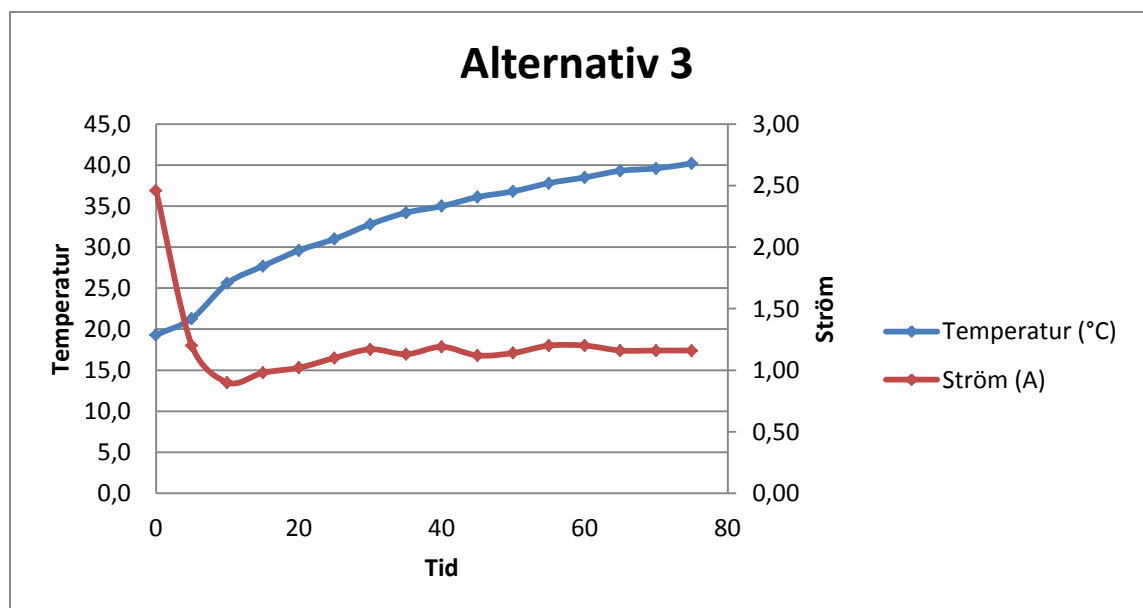
Resultatet var väntat men den stora skillnaden mot att använda fler klamrar var oväntad då vi trodde att kontaktytan skulle vara likvärdig.



Figur 31 Värmefotografi efter 5 minuter



Figur 32 Värmefotografi efter 75 minuter



Figur 33 Temperatur och strömdiagram, alternativ 3

Alternativ 4

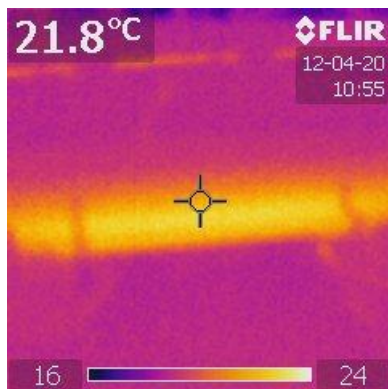
Vad: Elementet limmades fast i räl

Hur: Ett lager värmebeständigt silikonlim applicerades mellan räl och värmeelement och fick härda i 24 timmar. Inga fjäderklamrar användes i detta alternativ.

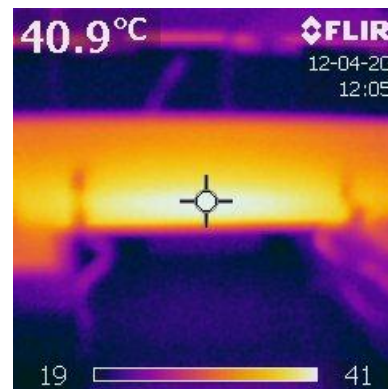
Syfte: Undersöka om ökad kontaktyta ger ökad värmeöverföring samtidigt som fjäderklamrar ej behövs. Med limmet så fick elementet fästas mot räl utan några onödiga lufthålor.

Resultat: Laborationens bästa resultat i värmeöverföring trots ett "icke optimalt" lim istället för fjäderklamrar. Enligt mätningarna krävdes det 27,37 wattimmar för att höja temperaturen en grad vilket var 8,05 % bättre än nollalternativet.

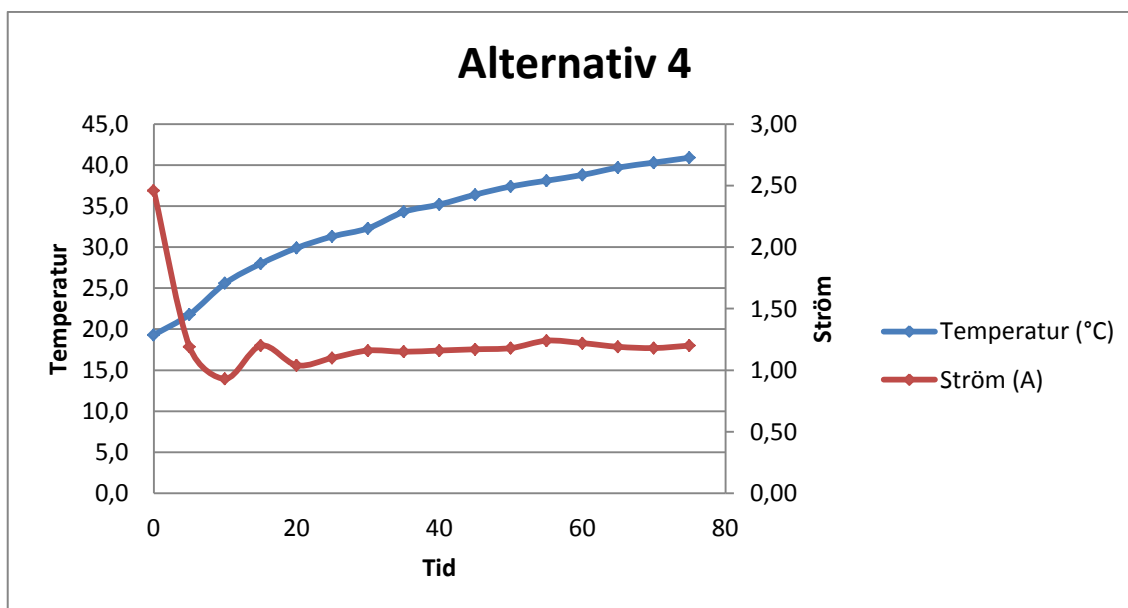
Resultatet var helt väntat jämfört med alternativ tre då inget mellanrum fanns mellan element och räl.



Figur 34 Värmefotografi efter 5 minuter



Figur 35 Värmefotografi efter 75 minuter



Figur 36 Temperatur diagram, alternativ 4

Alternativ 5

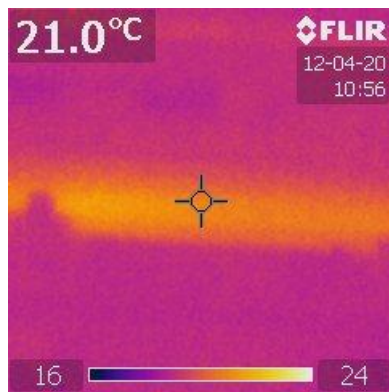
Vad: Värmeelementet fäst med färre fjäderklamrar än vid normalinstallation.

Hur: Ca: 2 fjäderklamrar per meter

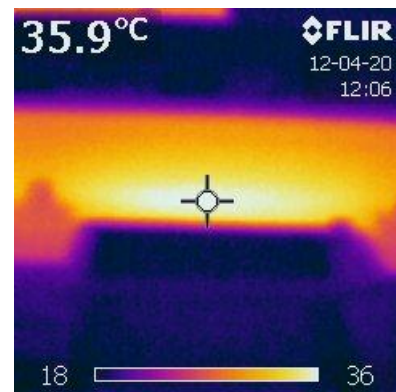
Syfte: Att efterlikna ett verkligt scenario där fjäderklamrar av okänd anledning lossnat från sin montering. Detta för att se hur energioverföringskapaciteten minskar.

Resultat: Laborationens i särklass sämsta resultat med färre fjäderklamrar. Enligt mätningarna krävdes det 34,20 wattimmar för att höja temperaturen en grad vilket var 14,90 % sämre än nollalternativet.

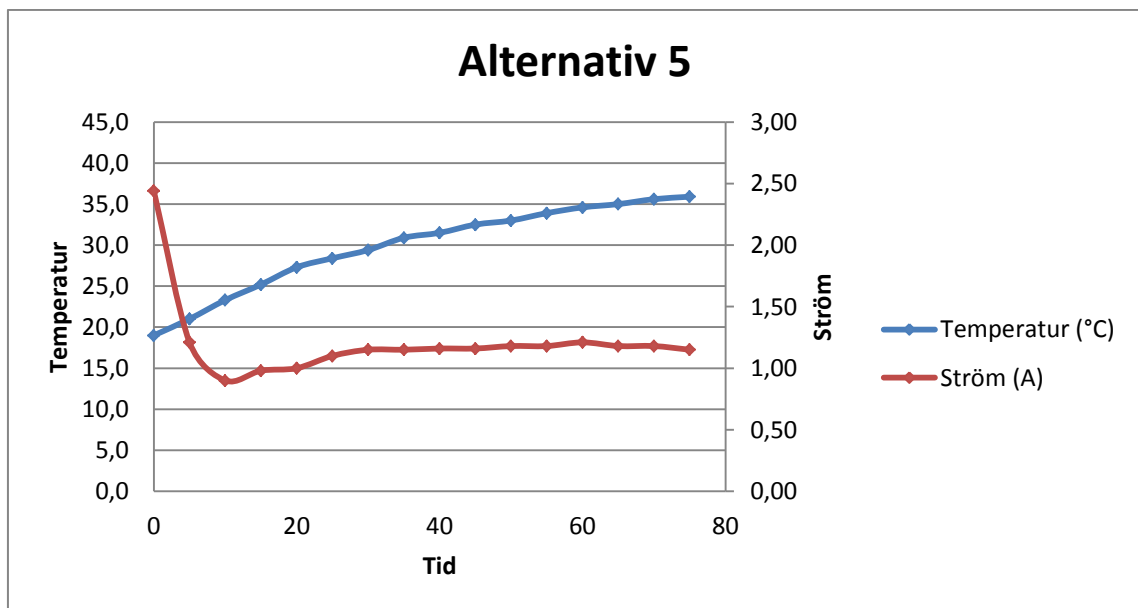
Detta resultat var väntat då kontaktytan mellan element och räl försämrats.



Figur 37 Värmefotografi efter 5 minuter

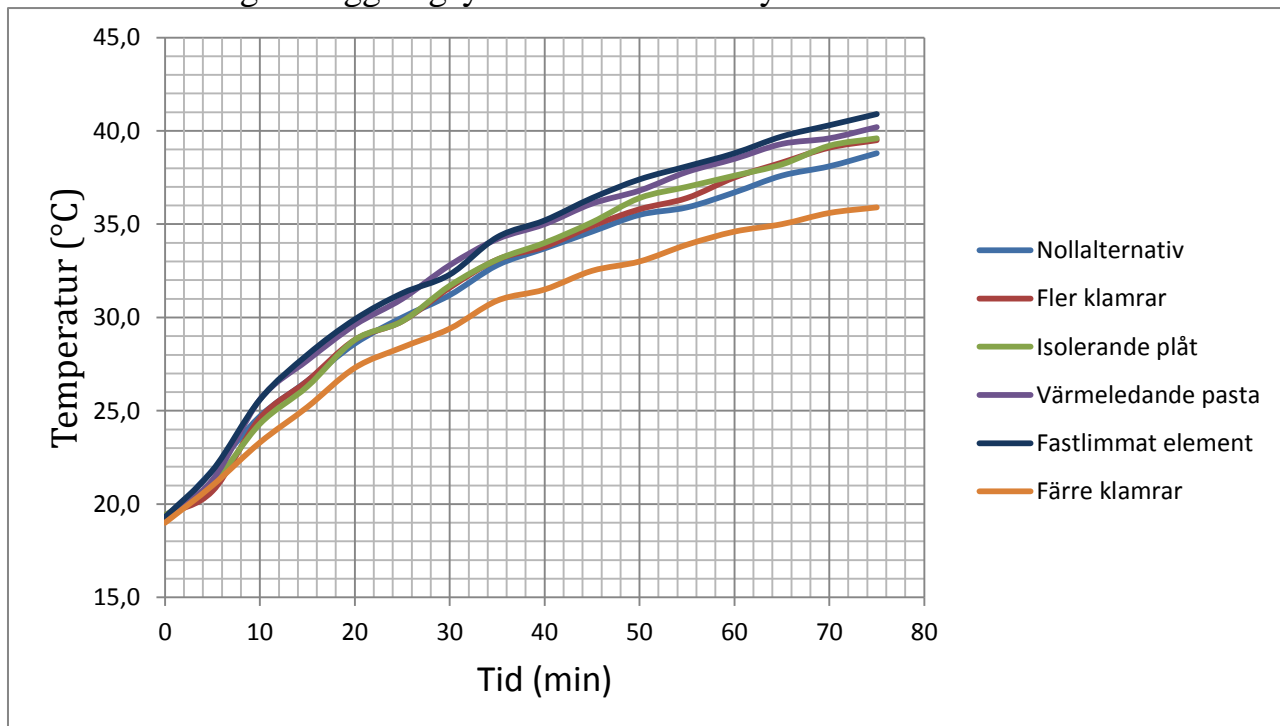


Figur 38 Värmefotografi efter 75 minuter



Figur 39 Temperatur och strömdiagram, alternativ 5

Sammanfattningsvis visar resultaten att en bristfällig montering ger sämre värmeöverföring, medan de testade alternativen samtliga gav en bättre värmeöverföring. Anliggningsytan har därmed betydelse för resultatet.



Figur 40 Temperaturgraf över de olika alternativen temperaturutveckling över tid.

Test	0	1	2	3	4	5
Starttemperatur	19,1	19,4	19,4	19,3	19,3	19,0
Sluttemperatur	38,8	39,5	39,6	40,2	40,9	35,9
Temperaturförändring ($\Delta^{\circ}\text{C}$)	19,7	20,1	20,2	20,9	21,6	16,9
Spänning (V)	221	220	221	220	221	221
Medelström (A)	1,23	1,20	1,23	1,21	1,24	1,21
Effekt (kW)	0,469	0,457	0,471	0,459	0,473	0,462
Tid(min)	75	75	75	75	75	75
Energiåtgång (kWh)	0,586	0,572	0,588	0,574	0,591	0,578
Energiförbrukning / $\Delta^{\circ}\text{C}$ (Wh)	29,77	28,45	29,12	27,48	27,37	34,20
Energiåtgång för 19,1 - 38,8°C (kWh)	0,586	0,560	0,574	0,541	0,539	0,674
Energieffektivisering		4,42%	2,18%	7,70%	8,05%	-14,90%

Tabell 41 Tabell med laborationsresultat

Alternativ 1 ger en energieffektivisering på 4,42 %.
 Alternativ 2 ger en energieffektivisering på 2,18 %.
 Alternativ 3 ger en energieffektivisering på 7,70 %.
 Alternativ 4 ger en energieffektivisering på 8,05 %.
 Alternativ 5 ger en energiförsämring på 14,90 %.

7 Diskussion

För att effektivisera anläggningarna gällande energi finns det tre olika nivåer att göra så på. Ett sätt är att se till så styrsystemen startar anläggningen endast när det behövs för att undvika onödig drift. Överföringen av värmeenergi till rälen går att effektivisera så att den energi som används, används på bästa sätt. Den energi som används behöver inte vara elektrisk energi utan kan frambringas ur exempelvis marken som jord- eller bergvärme.

Av de alternativa metoder vi tagit upp så verkar det koldioxidbaserade systemet i teorin vara helt underhållsfritt utan energikonsumtion och kräver bara en engångsåtgärd och engångskostnad. Denna metod verkar futuristisk, då den är helt självreglerande utan tillförd energi eller i behov av styrsystem. Det är säkert helt fantastisk om den fungerar tillfredsställande.

Induktionsvärmen verkar effektiv på att smälta is, men den kräver många element och stor mängd energi för att värma upp en hel spårväxel. Med ett anpassat styrsystem skulle alla element kunna styras separat och då behöver bara en bråkdel av energin användas för att underhållsvärma eller att något element körs för fullt vid smältning av isklumpar.

På bangårdar där det finns flera spårväxlar kan ett vattenburet värmesystem vara lämpligt då det är det mest miljövänliga och energieffektiva systemet för uppvärmning om det kan kopplas in på berg/jordvärme eller fjärrvärmenät. Det kan krävas mer underhåll då vattenledningar och kopplingar kan vara mer känsliga för vibrationer än dagens elektriska system. En anläggning ska installeras i Stilleryd/Karlshamn och det ska bli intressant att se resultat från denna anläggning.

Ideus tanke med att förhindra is från att falla ner mellan rälen är god, men det är en komplex metod och kräver många nya delar. Den bågformade specialrälens konstruktion verkar tveksam för att kunna tåla de dynamiska krafter som fordonen genererar.

Dagens spårväxelvärmesystem tar en stund på sig att få rälen uppvärmd för att smälta snö och is. Att ha en prognosstyrning som gör att systemet startar upp innan snöfallet startar skulle kunna öka funktionen. Att systemet startar tidigare kan öka energiförbrukningen då systemet är igång längre tid. Att däremot sänka effekten till underhållsvärme kan ge en total energibesparing.

Från enkätundersökningen kan konstateras att en stor andel av de anläggningar som finns i drift idag inte utnyttjar den senaste tekniken. Många anläggningar är därmed aktiva i drift från höst till vår oavsett väderlek. På grund av att just

befintlig teknik inte utnyttjas så finns den största utvecklingspotentialen i styrsystemet för att inte anläggningarna ska värma rälerna i onödan. Det system som rekommenderas är det system som idag används och kommer att monteras vid nybyggnation och där de äldre systemen används samt komplettering med väderberoende prognosstyrning. Att komplettera med induktionsvärme för att snabbt smälta bort de isklumpar som hamnar i spårväxlarna är en möjlighet för att effektivisera funktionen, men inte nödvändigtvis energiförbrukningen.

I laborationen skapades en energibesparing på en anläggning med upp till åtta procent beroende på metod. Vi kunde konstatera att funktionen förändras med antalet fjäderklamrar jämfört med det antal som är standard idag. I vår laboration valde vi att använda enkla tillbehör för våra alternativa monteringsätt. I alternativ noll, ett och fem använde vi oss enbart av de produkter som är standard idag vid elementmontering. Ett alternativ till att använda ett stort antal fjäderklamrar som i laborationens alternativ ett, kan vara att konstruera bredare fjäderklamrar som därmed blir en blandning av fjäderklammer och skyddsplåt.

Plåten som användes i laborationens alternativ två skulle kunna göras mer effektiv med bättre passform mot element och användande av bättre anpassade fjäderklamrar.

Kopparpastan i alternativ tre skulle kunna optimeras om någon annan pasta kan visa sig vara mer effektiv i värmeöverföringskapacitet. Kopparpastan är inte väderbeständig och därmed känslig för nederbörd. En kombination av pasta och skyddsplåt kan göra att pastan aldrig utsätts för nederbörd och därmed minskar risken för att kopparpastans effekt avtar. Dessutom är det möjligt att överföringskapaciteten ökar ytterligare om kombinationen av pasta och plåt används.

Limmet som användes i alternativ fyra var värmebeständigt, men vi vet inte hur effektivt det var ur värmeledningssynpunkt jämfört med andra alternativa lim på marknaden. De flesta alternativa limsorter som är värmeledande och värmebeständiga vid högre temperaturer är tyvärr mycket miljöfarliga och ska absolut inte användas utomhus i naturen. Därmed användes inget lim som är direkt lämpligt för ändamålet, varpå effektivare lim kan finnas.

Den tidsåtgång och arbetsmetod som används vid montering och underhåll samt totalkostnad av ett alternativ kan göra att det mer energimässigt lönsamma alternativet inte är det mest lönsamma alternativet ekonomiskt sett. I laborationen gick det bra att limma fast ett element mot en räl där limmet fick härda i 24 timmar, men ute i verkligheten kan förutsättningarna vara helt annorlunda.

Vi kan konstatera att en ny IWM Pro har utvecklats och ska installeras under kommande år. Dessa kommer att anslutas via en webserver till GELD för att få en central och enhetlig styrning. Att komplettera med tydligare felindikering, t.ex. när ett element slutar att fungera, skulle kunna leda till effektivare underhåll och mindre förseningar. Att använda sig av meteorologiska prognosstyrningar är en funktion vars utveckling Trafikverket inte har avsatt några pengar till och ligger därför för tillfället på is. Det finns exempel på färdiga lösningar, men utvecklarna tycker att det är svårt att få någon ny produkt implementerad pga av Trafikverket.

8 Slutsats och förslag till förbättringar

För att uppnå bästa funktionella och energieffektiva effekt tror vi på en kombination av konventionella element, monterade med kraftigare eller fler fjäderklamrar med någon form av värmeledande pasta mellan element och räl.

Problemen med att is faller av fordon bör lösas på fordonsnivå och ej överlämnas till banförvaltare och markpersonal. Om inte isklumpar faller från fordon så elimineras en stor orsak till trafikstopp inom järnvägen vintertid. Detta är en uppgift för tillverkare och konstruktörer. Dessutom kan problemet med nerfallande isklumpar minskas genom att sänka hastigheten genom växlar och därmed fordonens undertryck, vilket gör att mängden snö i spår och växlar minskar.

Att styra spårväxelvärmsystem med väderprognoser är under utveckling och har inte prövats i Sverige ännu. Möjligheter finns, men budgeterade pengar och beslut saknas. Dock är det många som tror att detta är nästa generations styrsystem.

Utsatta, för funktionen viktiga, växlar bör, för att säkerställa issmältningen, kompletteras med någon form av högeffektiv induktion eller annat element med boost-funktion. Dessa högeffektiva element kräver dock idag sitt egna styrsystem för att finna vilket element som behöver aktiveras.

Dagens system har kapacitet att smälta snö men problem kan uppstå när snön packas då växeln läggs om. Med en effektivare trafikplanering borde man kunna köra fordonen i rak kolonn utan att lägga om växlarna. Detta leder kanske till några minuters fördröjning enligt tidtabell, men kan bespara timmar av förseningar.

9 Referenser

9.1 Litteraturkällor

- Banverket 2000, *Föreskrift BVF543.42203, Funktionsbeskrivning styrutrustning växelvärme*,
Trafikverket – styrande ledande dokument
- Banverket 2005, *Handbok BVH543.42205, Projekteringshandbok för växelvärmestyrning med en webbserver*,
Trafikverket – styrande ledande dokument
- Hydén, C. (2008) *Trafiken i den hållbara staden*. Studentlitteratur, Malmö, 2008, ISBN: 978-91-44-05301-1
- Kadic Z. & Sahlin K. (2011) *Transportsektorns energianvändning 2010*. ES2011:05, Statens energimyndighet, ISSN 1654-7543
- Larsson, C. (2008), *Elsäkerhetsverkets författningssamling*, ELSÄK-FS 2008:1, ISSN 1103-405X
- Löf, Lars Erik & Räftegård Oskar. 2006., *Förstudierapport om Banverkets energistyrning*, Xmentor AB & SWECO Energiguide, Reviderad 2006-08-22
- Trafikverket 2010a, *Utredning järnväg vinter*.
- Trafikverket 2010b, *Handbok BVH1523-014, Spårväxel vinterhandbok*,
Trafikverket – styrande ledande dokument
- Trafikverket 2011a, *Energieffektiva stationsområden – delrapport, kap. 3*,
Trafikverket – styrande ledande dokument
- Trafikverket 2011b, *Standard BVS1523.005, Spårväxel – Definitioner och förkortningar*,
- Trafikverket 2012, *Trafikverkets elprisrapport, Slutrapport 2011*,

9.2 Internetkällor

Järnvägsinfo 2012, *Banteknik teori*, (hämtad 2012-04-12)
(<http://jarnvagsinfo.se/banteknik/teorin/>)

Materialservice 2012, *Produktinformation staggropsvärme*, Trafikverkets grossist för material inom järnväg, (hämtad 2012-04-03)
(https://app.trafikverket.se/TRV_esa/esa/ItemDetails.jsp?@where.ItemID@EQ=0431940)

MeteoGroup 2012, *Produktinformation RailCast - väderprognoser för järnväg 2012*, (hämtad 2012-04-26)
(<http://www.meteogroup.se/se/home/professionella-tjaenster/transport/jaernvaeg.html>)

Safetrack 2012, *Produktinformation Växelvärmeelement*, (hämtad 2012-05-04)
(http://www.safetrack.se/sv/produkter/safetrack-ab-webshop/route/catalog/controller/category/type/view/shopid/116/?no_cache=1)

Triple S 2012, *References Hungary*, (hämtad 2012-05-02),
(<http://www.en.triplesgmbh.de/index.php?page=referenzen>)

9.3 Övriga källor

Bine Informationsdienst 2010, *Geothermal heating for railway points*, Artikel, Publicerad i Projektinfo 12 2010 (hämtad 2012-03-27)
(http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Englische_Infos/projekt_1210_engl_internetx.pdf)

Brofalk 2012, Fredrik. Tillgänglig via mail brofalk@hotmail.com, (2012-05-15)

Dagens industri 2011, *Jätten hoppade på tåget - Artikel* Publicerad 2011-04-29, (hämtad 2012-03-14)
(<http://kkmpower.com/PDFs/pdfpage0020.pdf>)

Fröidh 2010, Oskar, *Järnvägsordlista*, Järnvägsgruppen KTH, (hämtad 2012-04-04)
(<http://www.infra.kth.se/jvg/jarnvagiana/jarnvagsordlista.pdf>)

Fälldin 2012, Agne, *Induktionsvärmare*, President, Indheater AB, Sundsvall, (2012-03-15), Bifogad PDF

Pintsch Aben 2008, *Produktinformation GB-SAC Gas-infrared point heating*,
Produktblad publicerad 2008-03-04, Pintsch Aben – download
(hämtad 2012-04-11)
http://www.pintschaben.com/en/fileadmin/pintschaben/weichenheizen/documents/GB-SAC_SYSTEM.pdf

San-AS 2009, *Produktinformation System Blue Point*,
San-AS – Railway products,
(Hämtad 2012-04-12)
(<http://www.san-as.com/upload/SAN/Pdf-files/CB-BLUE%20POINT-0907.pdf>)

SL 2010, *PM besöksprotokoll*, Ideus besök hos Storstockholms Lokaltrafiks
driftledningscentral, Stockholm, 2010-03-22

9.4 Bilagor

Bilaga, Sammanställning av intervjuer

Bilaga

Intervjuer

Gustavsson Bo-Inge, 2012-03-22, lärare *lågspänningsanläggningar*, Trafikverket, Järnvägsskolan, Ängelholm

- **Vilket styrsystem är på gång just nu?**
 - En utveckling av IMSE webmaster PRO som ska införas. Kostnad på 260 miljoner kronor som betalar av sig på 4 år genom minskad förbrukning. I det nya systemet kommer samtliga IMSE att vara uppkopplade mot nätet och övervakas av GELD och förbrukningen ska kunna mätas i varje enhet. Idag är ungefär hälften uppkopplade mot nätet och fjärrstyrs av förvaltare, olika ledningscentraler mm. Man vet inte hur många styrsystem det finns idag.
- **Hur hög är anläggningarnas elförbrukning?**
 - Idag mäts ingenting. Mätning kommer att kunna göras i det ”nya” systemet.
- **Hur stor är anläggningarnas driftkostnad idag?**
 - Svårt att uppskatta då förbrukningen inte mäts.
- **Är det stor skillnad på problemen mellan norra och södra Sverige?**
 - Det går inte att generalisera då det är olika problem i olika regioner, t.ex. den horisontella snön i söder.
- **Vad kan förbättras? Vilka lösningar?**
 - Den största skillnaden ligger i att effektivisera styrningen, liten skillnad på elementnivå.
- **Hur är möjligheterna med prognosstyrning?**
 - Fördel med prognosstyrning är att elementen slås på innan temperaturen går under börvärde jmf med dagens som går igång vid börvärde och tar sin tid att värma upp rälen. Nackdel med prognosstyrning är just att elementen är igång under längre tid vilket ökar förbrukningen.
- **Hur värms växlar internationellt?**
 - I Skandinavien transformeras spänningen ner till 48 volt av säkerhetsskäl då detta räknas som ”ofarlig” klenspänning. Transformatorerna sitter då oftast ute vid banan. Sverige har idag dispens att ha 230 volt i sina ojordade element. Det hade varit en för stor och svår motiverad kostnad om Sverige skulle installera transformatorer vid varje anläggning.

Kron Paul, 2012-03-28, banförvaltare, platschef, Strukton Lund

Vilka problem finns det med växelvärmesystemen?

- Snö fastnar i fjäderklamrarna, långa klammer kanske kan lindra problemet.
- Kopplingslådorna på sliprarna har trampskydd som isklumpar som lossnar från tågen slår bort. När väl trampskydden är borta slår isklumparna även bort kopplingslådorna.
- IMSE Webmaster som är anslutna med nätverkskabel tappar kontakten mot styrningen då RJ45-kontakten börjar glappa på grund av kraftiga vibrationer från tågen. Kontakterna är gjorda för att sitta i vanliga kontorsutrymmen!

Var är de stora snöproblemen?

- I långa växlar packas snö mellan stödräl och tunga långt bak efter andra drivet och där saknas ofta värmeelement men TKK som behöver max 3mm spel finns.
- Undertryck från snabbtåg (X2000) drar in snö i växlar.
- Snöskydd över staggrop på UIC60-växlarna är bra, men på BV50växlarna är de sämre och går sönder av isklumpar från snabbtåg. Enligt BVM599022 skall skydden tas bort när X2000 skall passera.
- Vid mycket snö smälter bara elementen en tunnel av snö så det bildas en is/skarehinna några centimeter från elementet som kan bygga uppåt och fortsätter hindra växelomläggning.
- Vid mycket snö är det inga problem så länge man inte lägger om växlarna.
- Det saknas ofta tungelement på många av växlarna.

För att ha personal som ska hålla växlarna rena från snö och is beräknas en person klara av fyra till fem växlar (På en bangård) per timma och kosta 600 kronor per timme.