

Gruppe 1

### **Ekspert i Team: Punktlig og effektiv jernbane**

---

Hvilke konsekvenser har vinteren for jernbanens punktlighet, herunder spesifikt sporvekslene?

Sondre Buset Bjelland, Bjørg Egeland, Andreas Holager, Ørjan Husby, Arne Martin Uhre og Marius Qvam Wollamo

02.05.2012



## FORORD

Denne prosjektrapporten er en av totalt to rapporter som leveres i faget TBA4853 – Eksperter i team: Effektiv og punktlig jernbane ved NTNU våren 2012. Dette er prosjektrapporten som tar for seg gruppens problemstilling, mens den andre rapporten omhandler hvordan samarbeidet har fungert i gruppen.

Rapporten tar for seg de utfordringene jernbanen står overfor vedrørende vinterberedskap i dag. Vi har bestemt oss for å se på sporvekselen og dens problemer knyttet opp mot vårt klima vinterstid. Omtrent en fjerdedel av all nedetid (tid hvor togtrafikken står stille) for jernbanen skyldes feil ved sporveksel, hovedsakelig grunnet oppbygging av snø og is i sporvekselens kritiske deler. En god løsning på dette problemet vil derfor drastisk øke jernbanens punktlighet og effektivitet som har vist seg å være viktig for de reisende.

Vi vil benytte anledningen til å rette en stor takk til Professor Ulla Juntti ved Luleå Tekniske Universitet, og Johan Anton Wikander ved Jernbaneverket for deres bidrag til dette prosjektet. I tillegg rettes en stor takk til vår landsbyleder Mads Veiseth fra Norconsult for hans innspill i forbindelse med prosjektet og veiledning underveis.

## SAMMENDRAG

Krav til punktlighet og effektivitet i samfunnet, og i jernbanesektoren spesielt, er et tema som har opplevd økt fokus de siste årene. Hvordan man skal ivareta punktligheten for jernbanen vinterstid med de problemene som denne medfører, er derfor et tema som krever videre utredning. Denne oppgaven gir innledningsvis en kort oversikt over hovedårsakene til at jernbanen opplever problemer med punktlighet om vinteren. Deretter fokuseres det på ett av hovedproblemene nemlig sporveksler. En presentasjon av sporvekselen som konstruksjon samt hvilke problemer som oppstår med denne vil bli lagt fram. Denne følges av en framstilling av ulike løsninger der både jernbaneverkets egne løsninger er presentert, men også flere forslag fra forfatterne. Oppgaven avsluttes med en vurdering av disse forslagene i lys av det eksisterende regelverket for konstruksjon av jernbanemateriell, samt forfatternes egne kriterier til aktualitet. Det gjøres ingen forsøk på å komme med en ferdig utprøvd løsning på vinterproblematikken, men rapporten er ment som en inspirasjon til et videre utredningsarbeid av nye løsninger.

## INNHALDSFORTEGNELSE

Forord .....	I
Sammendrag .....	II
Innholdsfortegnelse.....	III
Figurliste .....	V
1 Innledning.....	1
2 Problemstilling.....	2
3 Punktlighet i jernbanen .....	3
4 Sporveksel .....	6
4.1 Hvordan er en sporveksel satt sammen? .....	6
4.1.1 Konstruksjonen.....	6
4.1.2 Signal ved skifting av spor .....	6
4.1.3 Oppvarming .....	7
4.2 Utfordringer med sporveksler vinterstid.....	7
5 Dagens løsninger på vinterproblematikken .....	8
5.1 Børster langs skinnene .....	8
5.2 Overbygning og skjermer .....	8
5.3 Sporvekselvarme .....	9
5.4 Overvåkning.....	9
5.5 Behovsprøvd vedlikehold .....	9
5.6 Kontrollører i sporet.....	10
5.7 Finérplater og presenningsbiter for tildekning .....	10
5.8 Togledernes lokalkunnskap .....	10
6 Jernbaneverkets utprøvde løsninger.....	11
6.1 Trykkluftsanlegg .....	11
6.2 Varmluftsvifte.....	11
7 Regelverk for sporveksler .....	12

7.1	Tekniske krav til sporveksler .....	12
7.2	Vedlikeholds krav .....	12
7.3	Spesielle krav til ballastfrie spor .....	12
8	Forslag til alternative løsninger.....	14
8.1	Blåseanordning .....	14
8.2	Opphøyd sporveksel .....	14
8.3	Børster for togets underside.....	14
8.4	Mekanisk arm.....	15
8.5	Alternativ skiftemetode for tunge .....	15
9	Gruppens kriterier for gode løsninger .....	16
10	Vurdering av løsninger .....	17
10.1	Blåseanordning .....	17
10.1.1	Trykkluft .....	17
10.1.2	Varmluft .....	17
10.2	Opphøyd sporveksel .....	18
10.3	Børster for togets underside.....	18
10.4	Mekanisk arm.....	18
10.5	Alternativ skiftemetode for tunge .....	19
10.6	Selvregulerende system .....	19
11	Avsluttende tanker og konklusjon .....	20
	Referanser .....	21

## FIGURLISTE

Figur 1 Oversikt over togtrafikk i Norge perioden 2000-2007. ....	3
Figur 2 Punktlighet i togtrafikken i perioden 2005-2010. ....	4
Figur 3 Punktlighet for vintermånedene i perioden 2005-2010 (innringet). ....	4
Figur 4: Årsaker til forsinkelser på jernbanen vinterstid (Juntti, 2012).....	5
Figur 5 Utforming av typisk sporveksel (mjwiki.no, 2007, etter Sando and Modelljernbaneforeningen i, 1992). ....	6
Figur 6 Børster langs skinnene. ....	8
Figur 7 Illustrasjon av overbygning.....	8
Figur 8 Vekselvarme i bruk. ....	9
Figur 9: Overvåkning.....	9
Figur 10 Snøryddemaskin. ....	9
Figur 11 Klumpvakter på jobb. ....	10
Figur 12 Togledernes lokalkunnskap er viktig. ....	10
Figur 13 Illustrasjon av trykkluftanlegg. ....	11
Figur 14 Blåseanordning i sporveksel. ....	14
Figur 15 Illustrasjon av opphøyd sporveksel. ....	14
Figur 16 Illustrasjon av børster for togets underside. ....	14
Figur 17 Illustrasjon av mekanisk arm. ....	15
Figur 18 Illustrasjon av alternativ skiftemetode for tunge.....	15





## 1 INNLEDNING

Oppgavens problemstilling tar for seg problematikk ved sporveksler vinterstid. For å belyse dette er det innledningsvis sett på punktlighetsstatistikk som underbygger den valgte problemstillingen. Videre vil sporvekselen som konstruksjon beskrives for å se hva som er årsakene til at feil oppstår med disse. Forfatterne har tatt i bruk en ofte brukt metode for å kategorisere hvilke kriterier som må være tilstede for at eventuelle løsninger skal være sikkerhetsmessig tilfredsstillende og økonomisk forsvarlige å utrede. I lys av disse presenteres ulike løsninger som kan forbedre situasjonen, før det hele oppsummeres i et samfunnsperspektiv.

## 2 PROBLEMSTILLING

Problemstillingen for oppgaven er:

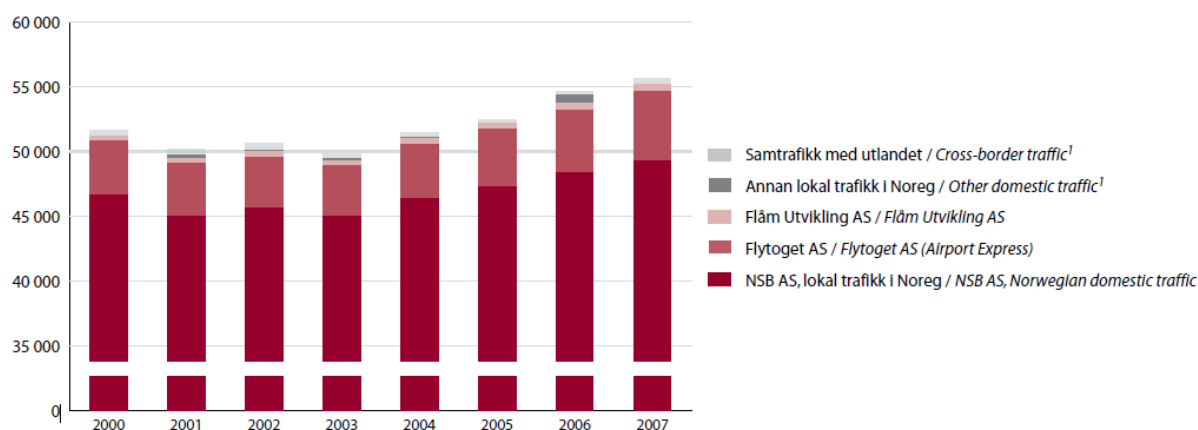
*Hvilke konsekvenser har vinteren for jernbanens punktlighet, herunder spesifikt sporvekslene?*

Problemstillingen ble valgt med bakgrunn i det økte fokuset på punktlighet, og at dette spesielt er et problem på vinterstid. Det vil være spennende å se på hvordan man kan sørge for å øke effektiviteten på jernbanen ved å innføre konkrete tiltak om vinteren. Ved valg av problemstilling ble det også lagt vekt på at alle gruppe-medlemmene skulle kunne bidra med sin kompetanse i prosjektet. Det overordnede fokuset på vintervedlikehold, med spesialisering på sporveksler, gir oppgaven en tverrfaglig bredde med mulighet for ulike innfallsvinkler på problemet. Et tredje aspekt ved å belyse dette problemet, er muligheten for økt renommé og kundetilfredshet for jernbanen. Når punktligheten øker vil flere kunder bli fornøyde, og jernbanens omdømme vil følgelig øke. I tillegg vil en utredning av problematikken i Norge vinterstid være relevant og forhåpentligvis også overførbar til andre nasjoner.

### 3 PUNKTLIGHET I JERNBANEN

Fokuset på punktlighet og effektivitet i samfunnet har de siste årene stadig blitt større. Dette gjelder såvel innen vareproduksjon og informasjonsstrøm som samferdsel. Med dagens bosettingsmønster, hvor ikke alle bor like sentralt, blir vi avhengige av å kunne forflytte oss mer. For de fleste av oss gjelder det i hovedsak forflytning mellom hjemmet og arbeidsplassen. Dette er hyppige reiser vi gjør daglig hvor ønsket om kortest mulig reisetid og punktlig avganger er viktig. Det å ha en pålitelig transportmetode er derfor helt sentralt. Kravet til en godt utbygd infrastruktur gjør seg også synlig ved varetransport. De landene med best utbygd infrastruktur blir vinnerne i en globalisert verden. Industrien vil trolig basere seg mer på spesialisert produksjon i ulike land og handel disse imellom. De landene som best klarer å transportere varene punktlig og effektivt vil bli vinnerne på markedet.

I takt med det økte fokuset på punktlighet har antallet personreiser med jernbanen økt. Oversikten fra Jernbaneverkets hjemmesider som er gjengitt i figur 1, viser at antall reiser økte med omtrent 13,3 % mellom 2000 og 2007 (Jernbaneverket, 2008).

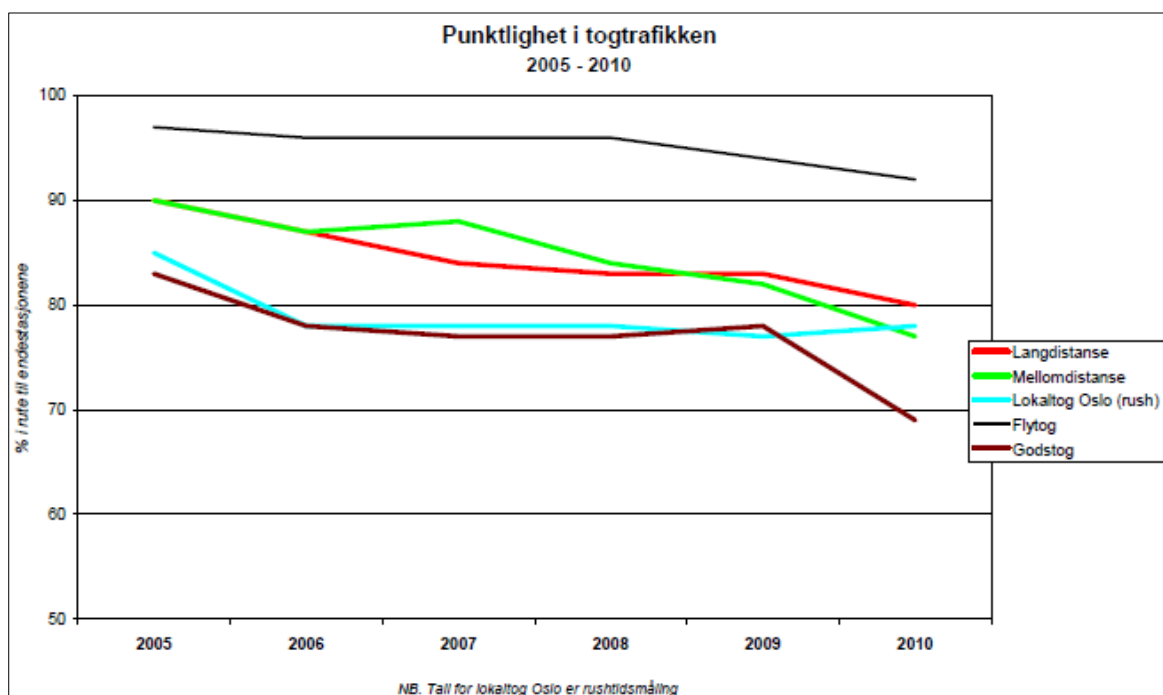


Figur 1 Oversikt over togtrafikk i Norge perioden 2000-2007.

Økningen i antall togreiser impliserer at stadig flere av oss er avhengig av at jernbanen skal frakte oss punktlig og effektivt til vårt bestemmelsessted. Jernbanen forflytter i dag flere mennesker enn den gjorde for bare et tiår siden, og forsinkelser og innstillinger får dermed konsekvenser for stadig flere. Det er derfor nødvendig å ha en oversikt over hvor store og hvor mange forsinkelser som oppstår på jernbanen hvert år. For å holde orden på dette fører Jernbaneverket punktlighetsstatistikk. Begrepet punktlighet refererer til at togtrafikken avvikles i henhold til ruteplanen (Jernbaneverket, 2012c). Konkret vil dette si at dersom et mellom- eller kortdistansepersontog ankommer en stasjon mer enn 3 min og 59 sek for sent, vil det bli registrert som et avvik fra punktlighetskravet.

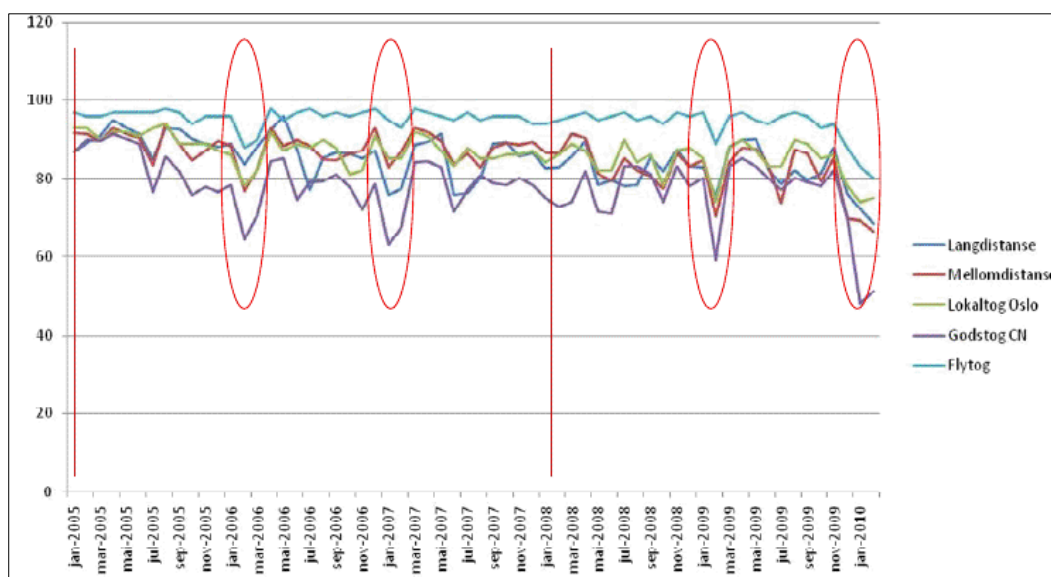
De siste årene har vi kunnet lese om forsinkelser og vedlikeholdsproblemer på jernbanen i landets største aviser. Overskrifter som "Store togforsinkelser" (Drammens tidene, 2007), "Togforsinkelser i kulda" (nrk.no and Hansen, 2010) og "Tåler ikke vanlig norsk vinter" (aftenposten.no and Bentzrød, 2010) illustrerer nettopp det. Dersom en ser nærmere på punktlighetsstatistikken de siste årene vil man se en klar nedgang i perioden 2005-2010.

Oversikten i figur 2 er hentet fra Jernbaneverkets "Punktlighetsarbeid i jernbanesektoren" som er publisert på deres nettside (Jernbaneverket, 2011b). Utviklingen antyder at jernbanen ikke klarer å møte det økende kravet om punktlighet i samfunnet.



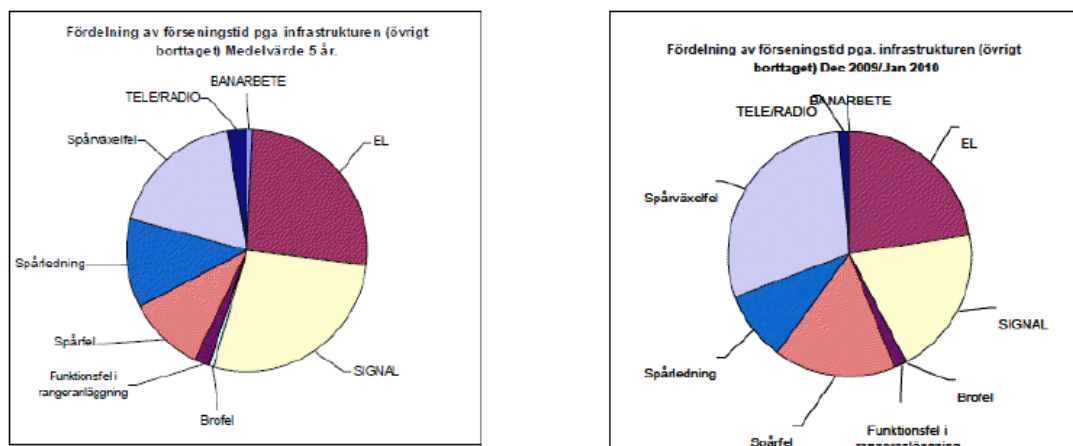
Figur 2 Punktlighet i togtrafikken i perioden 2005-2010.

I tillegg til at punktligheten har sunket de siste årene, viser en rapport fra Sintef teknologi og samfunn at punktligheten også varierer med årstidene (Olsson et al., 2010). Utdrag fra rapporten er vist i figur 3, og gjenspeiler en synkende trend i punktlighet vintermånedene fra 2005 til 2010. En mulig årsak er at jernbanen er følsom for snøvær og kuldegrader. Når gradestokken kryper nedover kan problemer som skinnebrudd, fastfrosne deler og ising på kontaktledningsanlegget føre til stopp i togtrafikken.



Figur 3 Punktlighet for vintermånedene i perioden 2005-2010 (inringet).

Ettersom vinterutfordringene har store konsekvenser for punktligheten til jernbanen er det nødvendig å identifisere de største problemområdene. Erfaringer fra Luleå Tekniske Universitet i Sverige viser at sporveksler sammen med el- og signalanlegget, har hatt størst innvirkning på punktligheten ved normalvintre (Juntti, 2012). Dette er vist i figuren til venstre under.



Figur 4: Årsaker til forsinkelser på jernbanen vinterstid (Juntti, 2012).

Figuren til høyre viser resultatet for ekstremvinteren 2009/2010. Dersom en sammenligner de to figurene ser det ut til at problemer med sporveksler blir mer utslagsgivende når vinteren blir hardere.

Ettersom klimaet i Norge og Sverige er likt i enkelte områder, er det rimelig å anta at erfaringene fra Sverige er overførbare til Norge. Denne antakelsen underbygges av uttalelsen til overingeniør i Jernbaneverket Tom Hjeltnes hvor han sier at: "23 prosent av samtlige feil som førte til forsinkelser i 2007, hadde med feil på sporvekselen å gjøre" (Jernbaneverket, 2011a). I Norge har vi hovedsakelig enkeltspor og er derfor avhengige av sporveksler for at tog skal kunne passere hverandre. Fungerer ikke disse, må et av to møtende tog stoppe. Det vil gå ut over punktligheten, noe som tydeliggjør at påliteligheten til sporvekslene må økes betraktelig dersom en skal kunne forbedre punktlighetsstatistikken. Sporvekslenes svakheter må dermed kartlegges og mulige forbedringer må vurderes.

## 4 SPORVEKSEL

I Norge finnes det i dag 3603 sporveksler i følge møte med Jernbaneverket (Wikander, 2012). En sporveksel er en innretning som er plassert i sporet for å gjøre det mulig for et tog å skifte fra et spor til et annet. Utformingen av sporvekslene avhenger av den hastigheten som det passerende tog har. Store hastigheter krever for eksempel lengre sporveksler enn lave hastigheter mens dosering vil gi mindre trykk på vekselen og toget kan passere i høyere hastighet. Som nevnt innledningsvis viser statistikk fra Jernbaneverket at blant punktlighetsproblemer vinterstid på jernbanen, står sporvekselproblematikk for over 20 % av tilfellene (Juntti, 2012). Det utgjør en så stor andel av forsinkelsene at det er verdt å se nærmere på. For å forstå hvor svakhetene til sporvekselen ligger er det nødvendig å ha en grunnleggende oversikt over hvordan den er bygget opp.

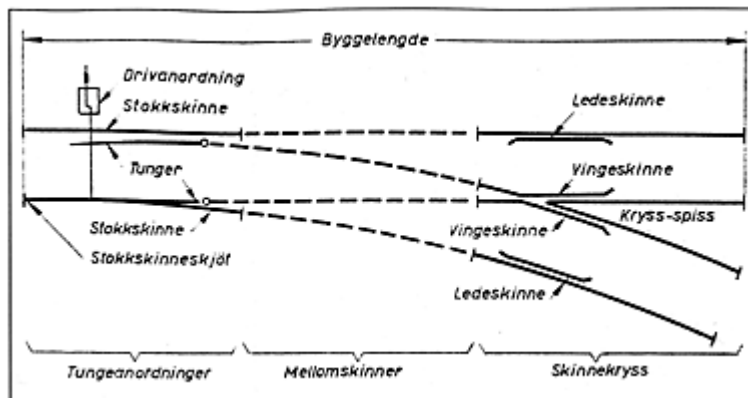
### 4.1 HVORDAN ER EN SPORVEKSEL SATT SAMMEN?

#### 4.1.1 KONSTRUKSJONEN

Sporvekselen er en fleksibel skinneløsning som er plassert på innsiden av sporet. Det finnes flere ulike typer, hvor de mest brukte er enkeltveksler, kurveveksler, dobbeltveksler og sporkryss. De ulike typene sporvekslene har ulike funksjoner men grunnutformingen på disse er likevel den samme.

En skisse av oppbyggingen av en sporveksel er vist i figur 5 under. Skinnene i fastlagte spor omtales som stokkskinner, mens den flyttbare delen som tilhører sporvekselen kalles en tunge. Ved veksling av spor vil tungen legge seg inntil den ene av stokkskinnene, avhengig av hvilket spor toget skal styres over på.

Selve tilretteleggingen av tungen skjer enten manuelt eller automatisk ved hjelp av drivmotorer. Den førstnevnte metoden går ut på at personell må ut i sporet og trekke tungen over til riktig side ved hjelp av en mekanisk innretning. Sistnevnte er mest vanlig i jernbanen i dag, og antallet drivmotorer er avhengig av lengden på



Figur 5 Utforming av typisk sporveksel (mjwiki.no, 2007, etter Sando and Modelljernbaneforeningen i, 1992).

sporvekselen. De fleste mindre sporveksler i Norge i dag styres av én drivmotor, mens de lengste sporvekslene trenger 3 motorer for å være operative.

#### 4.1.2 SIGNAL VED SKIFTING AV SPOR

Nesten alle sporvekslene i Norge er koblet opp mot et felles signalsystem som overvåkes og reguleres av flere kontrollsentere hos Jernbaneverket. Når et tog nærmer seg en sporveksel vil

de som overvåker banen sende et signal til vekselen om hvilken posisjon den skal stilles inn i. Deretter vil drivmotoren aktiveres og tungen blir lagt i riktig posisjon. Dersom tungen blir hindret i å legge seg inntil skinnen med en sikkerhetsgrense på 3mm, vil det gå melding til kontrollsentret om dette. Toget som nærmer seg vil da få rødt lys. Deretter må personell sendes ut på sporet for å sjekke årsaken til signalfeilen. Først når signalfeilen er sjekket og rettet opp kan toget fortsette.

### 4.1.3 OPPVARMING

Av de rundt 3600 sporvekslene langs den norske jernbanen er omtrent 70-80 % av dem utstyrt med varmeelementer. Varmeelementene er plassert på innsiden av stokkskinnene og skal være med på å smelte snøen. Denne varmen er stilt inn på en optimal effekt slik at snøen ikke skal smelte for fort og forårsake nye problemer med isdannelser. Dette vil ofte være en tilstrekkelig løsning ved normale værforhold og vanlig snøfall, men ved ekstreme værforhold vil det bli vanskeligere å kvitte seg med snøen i sporet. Når snøen ikke blir fjernet kan ikke tungen på sporvekselen legges inntil stokkskinnen og kontrollsentret får feilsignal på strekningen.

Et problem med varmeelementene er at de har et særdeles høyt energiforbruk. En enkel sporveksel bruker minst 6kW i timen. Dette forbruket tilsvarer like mye energi som to husstander bruker årlig. Tallene forutsetter konstant forbruk gjennom året sett bort fra stenging sommerstid (Statistisk sentralbyrå, 2011).

## 4.2 UTFORDRINGER MED SPORVEKSLER VINTERSTID

Å kjøre tog på vinterstid er forbundet med større utfordringer enn å kjøre på sommeren. Snø og is skaper problemer og det gjelder spesielt sporvekslene. Blant de største problemene er drivsnø i sporvekselen og nedfall av isklumper fra tog.

Førstnevnte skjer gjerne når toget passerer og det skapes lufttrykk mellom vognene og bak toget. Ved store snømengder vil det være utfordrende å få smeltet all snøen. Denne snøen vil da legge seg som et lag på skinnene og reduserer sporvekselens funksjonalitet. Isklumper som faller fra tog skjer idet toget passerer sporvekselen. Når toget passerer skinnekryss vil vognene få et slag. Dette medfører stor fare for at snø eller isklumper fra toget vil ramle ned på sporvekselen. Isklumper vil være spesielt tidkrevende å fjerne, da det tar for lang tid å smelte disse bare ved hjelp av vekselsvarme.

De nevnte problemene kan føre til at sporvekselen ikke får kontakt med stokkskinna. Resultatet blir en signalfeil som gjør at togleder ikke får mulighet til å stille sporvekselen. Tog som skal passere sporvekselen får beskjed om å stanse og forsinkelser oppstår. Disse forsinkelsene forplanter seg gjerne til andre tog og punktligheten går ned som følge av det.

## 5 DAGENS LØSNINGER PÅ VINTERPROBLEMATIKKEN

I kapittel 5 blir det gått inn på dagens løsninger for vinterproblematikk. Løsningene ble beskrevet på møte med Jernbaneverket, og dette er kilden bak arbeidet (Wikander, 2012).

### 5.1 BØRSTER LANGS SKINNENE

Løsningen med børster langs skinnene er utviklet av Osborn International i samarbeid med Svenska Järnvägen. Denne løsningen består av koster eller børster som monteres på hver side av sporvekselen. Kostenes hovedoppgave er å hindre drivsnø i å legge seg i sporet. I tillegg effektiviserer børstene vekselvarmen noe ved at de skjermer denne fra vind. Det er montert børster både oppover og nedover,



Figur 6 Børster langs skinnene.

der de nedadgående skal beskytte mot snø som fokker seg under sporet. Børstene berører ikke toget på noe vis. De holder bare snø unna sporet. De behøver ikke å demonteres når snørydding skal utføres i sporveksel, da de er fleksible nok til å tillate dette uten å bli skadet eller påføre skade på snøryddingsutstyret. Monteringen er også enkel, kun noen bolter holder de fast, og det finnes flere forskjellige monteringsystemer for å sikre enkel montering på de forskjellige sporvekslene etter behov.

### 5.2 OVERBYGNING OG SKJERMER

En annen løsning som er i bruk i dag er strategisk plassert skjerming eller overbygning. Disse skal skjerme mot vind og snø i sporveksler og andre strategiske steder av jernbanen. En overbygning vil holde spesielt godt på varmen i sporvekselen, men skjerming vil også ha noe av den samme effekten fordi den skjermer for vinden. Begge konstruksjonene



Figur 7 Illustrasjon av overbygning.

utføres i materiale tilpasset klima og værforhold, og løsningene brukes gjerne på fjelloverganger og andre utsatte steder hvor man etter hvert har sett seg lei av snøproblematikken. En illustrasjon av hvordan overbygningen kan utføres er vist til høyre. Skjermer og overbygning settes også opp der det er skredfare for å unngå togstans på grunn av slike problemer.



### 5.3 SPORVEKSELVARME

Sporvekselvarme er en av de mest brukte metodene for å sikre sporvekselens funksjonalitet og finnes i dag på omtrent 70-80 % av Jernbaneverkets sporveksler. Moderne sporveksler har varmeelement med stor flate, og er montert både på tunge og stokkskinne. Da holdes begge kontaktpunkter i sporvekselen varm, og man sikrer at de går inntil og gir klart signal for tog. De minste sporvekslene til Jernbaneverket har vekselsvarme på ca. 6 kW. Flere av sporvekslene står på døgnet rundt med full effekt hele vinterhalvåret (og mange blir glemt til langt utpå sommeren). Disse forbruker store mengder elektrisk energi. I det siste har JBV fått mye negativ tilbakemelding for sitt energiforbruk, og har etter det begynt med sporveksler som har sensorer for forskjellige faktorer. Slike sporveksler regulerer varmen på egenhånd. Slike energiltak er for tiden høyt prioritert hos Jernbaneverket.



Figur 8 Vekselsvarme i bruk.

### 5.4 OVERVÅKNING

I dag benyttes det kameraovervåkning slik at man kan se hva som skjer ved og omkring sporvekslene uten å må dra ut for å inspisere. Ved enkelte sporveksler er det installert varmedetekterende kamera som også kan observere om det er feil på oppvarmingen av sporvekselen. Dette gjør at de rette personene blir raskere klar over potensielle problemer eller feil/mangler med spor og sporveksler og kan dermed iverksette tiltak.



Figur 9: Overvåkning.

### 5.5 BEHOVSPRØVD VEDLIKEHOLD



Figur 10 Snøryddemaskin.

Jernbaneverket benytter seg ikke av faste vedlikeholdsrutiner for fjerning av snø og is i sporveksler. De ryddes etter behov eller med såkalte «generiske arbeidsrutiner», som betyr at de skal utføres innenfor bestemte tidsintervaller og endelige datoer. Fra gammelt av var dette manuelt arbeid med håndkost og spade. Nå har derimot teknologien tatt over, og man bruker en maskin av typen Robel med snøkost som rydder det meste av sporvekslene. Noe må likevel tas manuelt selv om denne maskinen tar det verste. Is som sitter fast og gropen hvor det ligger kontrollstog må ryddes manuelt. Dette selv om gropen også har varme i moderne sporveksler.

## 5.6 KONTROLLØRER I SPORET

På sentrale stasjoner har Jernbaneverket i dag utplassert såkalte klump-vakter som jobber i sporet og plukker ut isen etter hvert som den faller i sporvekslene. Dette er et enkelt, men effektivt system. Det er derimot ikke økonomisk forsvarlig å ha kontrollører i sporet på alle stasjoner eller ved alle de 3603 sporveksler og sporkryss som finnes. Derfor prioriteres kun de mest sentrale stasjonene og sporvekslene og det kreves andre tiltak på steder hvor disse er uaktuelle å ha.



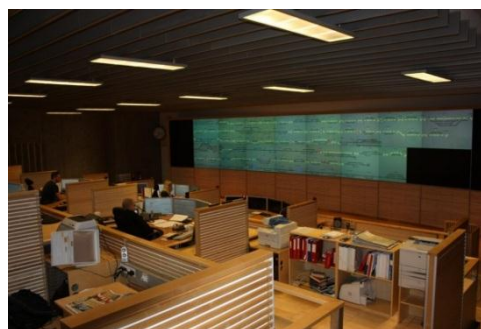
Figur 11 Klumpvakter på jobb.

## 5.7 FINÉRPLATER OG PRESENNINGSBITER FOR TILDEKNING

En annen metode som brukes i dag er skråstilte finerplater på hver side av skinnestrengene i tungepartiet. Samtidig er det festet en bit presenning fra øverst på tungen og inn i mot midten av sporet for å hindre snø der. Denne løsningen har den ulempen at den ikke dekker til det mest vitale partiet på sporvekselen nemlig området mellom tunge og stokkskinne.

## 5.8 TOGLEDERNES LOKALKUNNSKAP

Det viktigste forsvaret Jernbaneverket har mot vinteren er de erfarne TXP-ene og toglederne som sitter rundt på de forskjellige styringssentralene. Disse har som regel god kjennskap til de forskjellige anleggene som ligger ute i sporet. De kan for eksempel være kjent med at en sporveksel kan få problemer, og med det legge den over og tilbake igjen noen ganger, eller bare legge den over for å få litt ekstra varme på noen av delene tidlig, slik at togets vei ikke blir stoppet når det kommer. Lokalkunnskapen kan også settes i sammenheng med kjennskap til værforhold og hvilke deler som vil få problemer ved gitte værforhold. På denne måten kan de forutse når et problem vil komme og sende ut mannskap tidlig.

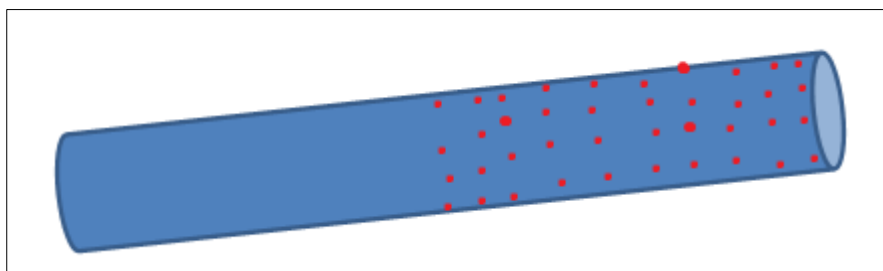


Figur 12 Togledernes lokalkunnskap er viktig.

## 6 JERNBANEVERKETS UTPRØVDE LØSNINGER

### 6.1 TRYKKLUFTSANLEGG

Jernbaneverket har forsøkt med en anordning bestående av lange rør strategisk plassert i sporveksel med en masse borede hull for luftgjennomstrømning. Disse rørene skulle det så blåses trykkluft gjennom med den hensikt å fjerne all snø og is som lå i vekselen. Løsningen var ingen umiddelbar suksess da det ikke ble generert nok trykkluft til formålet. For å løse dette ville det blitt nødvendig å ta i bruk en stor kompressor, noe som ville vært både svært energikrevende og kostbart.



Figur 13 Illustrasjon av trykkluftanlegg.

### 6.2 VARMLUFTSVIFTE

Et utprøvd og godt fungerende system i Sverige er bruk av varmluftsvifte. Denne løsningen består av varmelement og en vifte som blåser varmluft inn i de strategiske partiene på sporvekselen. Til tross for at løsningene fungerer godt i Sverige, kunne Jernbaneverket meddele at denne løsningen ikke har vist seg å fungere like bra i Norge. Noe av årsaken til det kan være at klimaet i Norge og Sverige ikke er sammenlignbart alle steder. Varmluftsviften fungerer på tørr puddersnø, slik vi gjerne finner på våre kalde høvfjellsoverganger. I lavereliggende strøk i Norge er klimaet fuktigere og vi har ikke puddersnøen som de har mer av i Sverige.

## 7 REGELVERK FOR SPORVEKSLER

I henhold til regelverket skal det “ved valg av sporvekseltype etter funksjonsmessige og økonomiske overveielser i størst mulig grad tas hensyn til minimal vedlikeholdskostnad og maksimal anvendelighet” For å ivareta dette stilles det krav til blant annet skinneprofil, svilleteype, tungekonstruksjon og sikkerhet (Jernbaneverket, 2012b). Vi vil her se nærmere på hvilke krav som gjelder for sporveksler da det vil ha betydning for utformingen av de nye løsningene som vil bli presentert.

### 7.1 TEKNISKE KRAV TIL SPORVEKSLER

Blant de tekniske kravene som stilles til sporvekselen, er at den skal sikre at kontroll av låsing og posisjon kun oppnås i forhåndsdefinerte situasjoner. Det finnes verdier for hvor mye tungen kan bevege seg ved ulike forhold, samt definisjoner for hvordan festene til de ulike delene av sporvekselen skal være boret og skrudd sammen. Av sikkerhetsmessige årsaker er det viktig at festene ikke kan løses eller justeres utilsiktet. I tillegg stilles det krav til back-up system som skal kunne plassere vekselen i opprinnelig posisjon dersom det oppleves problemer med omleggingen. For selve omleggingen av sporvekselen eksisterer det krav både til avstanden tunga kan bevege seg, kraft på omleggingen og tidsperspektiv for sporveksling. Det finnes i tillegg individuelle forskjeller på de ulike typene. Til tross for at de fleste sporvekslene er automatiserte, skal det eksistere en manuell løsning med sveiv eller lignende. Hvis denne tas i bruk, skal det finnes et sikkerhetssystem som hindrer overlapping med den automatiske omlegginga.

Det må også finnes krav til låsing av sporveksel, slik at den låses i korrekt posisjon til riktig tid, og åpnes når omlegging skal utføres. Regelverket sier her noe om avstander og justerbarhet ved låsing. Det skal også reguleres slik at omlegging ikke foregår med krefter over definerte verdier.

### 7.2 VEDLIKEHOLDSKRAV

Dersom reparasjon, utbytting eller justering av en sporveksel blir nødvendig, skal dette gjennomføres innen gjeldende tidsfrister (Jernbaneverket, 2011c). Levetiden til en sporveksel skal minimum være på 30 år, noe som stiller krav til både konstruksjon og vedlikehold. Det kreves at sporveksler er satt sammen av veldefinerte funksjonsheter, slik at man kan bytte en enkelt enhet ved reparasjon i stedet for å skifte hele innretningen. Det fins i tillegg krav til vekt, pakking, og maskinelt vedlikehold.

### 7.3 SPESIELLE KRAV TIL BALLASTFRIE SPOR

Ballastfritt spor er en sporkonstruksjon hvor skinner og sviller ikke ligger i et lag av ballastpukk (Jernbaneverket, 2012a). Ballastlaget er erstattet av en fast konstruksjon. Ballastfritt spor gir normalt mindre byggehøyde enn spor med ballast og gir en mer stabil sporgeometri som krever mindre vedlikehold.

- Ballastfrie sporkonstruksjoner kan anvendes i tunneler og på bruer
- Ballastfrie sporkonstruksjoner skal ikke anvendes i dagsoner på jordunderlag

- Det skal gjøres geologiske undersøkelser for vurdering av egnethet av ballastfritt spor. Det skal ikke anvendes ballastfritt spor på steder med ustabil underlag som kan medføre deformasjoner.
- Ballastfritt spor kan bare anvendes i forbindelse med sporveksler dersom sporvekslene i sin helhet ligger i tunnel med ballastfri sporkonstruksjon.

## 8 FORSLAG TIL ALTERNATIVE LØSNINGER

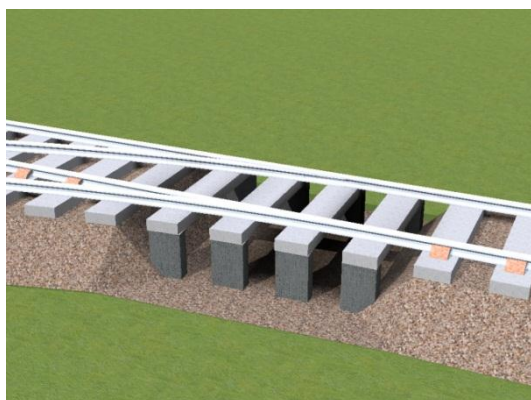
### 8.1 BLÅSEANORDNING

Gruppen ser for seg en anordning som blåser snø ut fra de sentrale områdene av sporvekselen. Det er tiltenkt et system med kraftige vifter eller trykkluft som blåser snø og is ut av sporveksleren. Ved bruk av vifter, vil det være nødvendig å plassere de på siden av sporet, slik at de ikke er i veien for toget når det kommer. Ved bruk av trykkluft kan man plassere dyser veldig strategisk i sporvekselen for å få flyttet snø og is vekk fra de nødvendige områdene alene. En illustrasjon av det sistnevnte er vist i figuren til høyre.



Figur 14 Blåseanordning i sporveksel.

### 8.2 OPPHØYD SPORVEKSEL

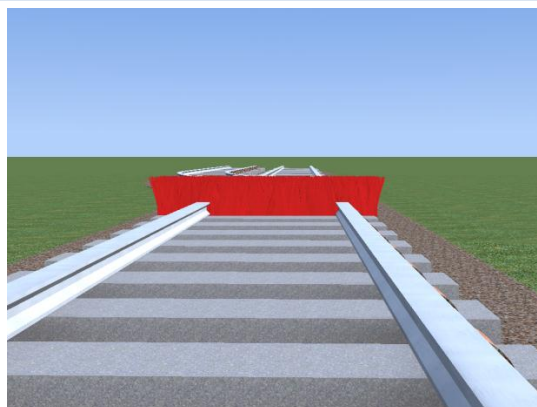


Et annet forslag er en opphøyd sporveksel hvor is og snø faller gjennom. Sporvekselen vil ikke kunne få problemer med snø og is som legger seg på de vitale stedene hvis den er utformet på en måte som gjør at snø og is ikke har noe sted å ligge. En slik løsning vil innebære en større konstruksjon med de sikkerhetstiltakene som garanterer at den tåler vekten av togene selv om deler av sporvekselen er uten understøtte.

Figur 15 Illustrasjon av opphøyd sporveksel.

### 8.3 BØRSTER FOR TOGETS UNDERSIDE

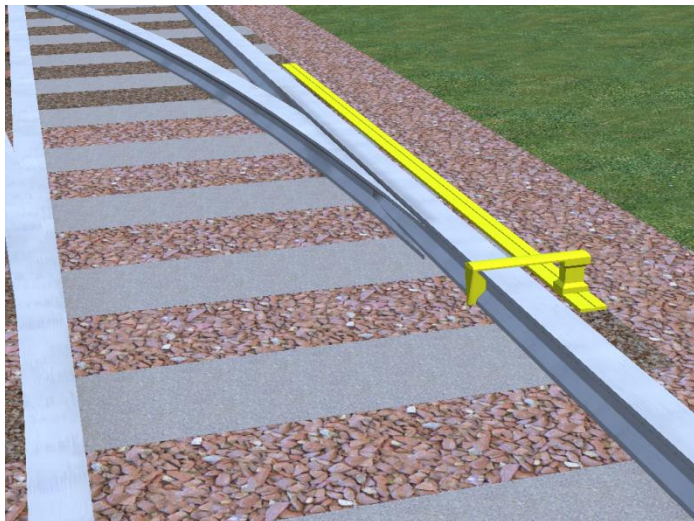
En tredje løsning kan være å ha børster i forkant av sporvekselen som fysisk børster på undersiden av toget. Da ville man kunne fjerne de isklumper og istapper som er såpass løse at de ville falle ned i sporvekselen når toget kjører over den. Hvis alle disse klumpene ble liggende igjen før toget kjørte inn i sporvekselen, ville man ha sikret seg mot denne delen av vinterproblematikken.



Figur 16 Illustrasjon av børster for togets underside.

## 8.4 MEKANISK ARM

Neste forslag går ut på å ha en slags arm eller et skjær som fysisk kan gå inn i de vitale stedene i sporvekselen og fjerne snø. Det vil føre til at man unngår at det ligger snø der når tungene skal legges over. Denne anordningen vil trenge et fleksibelt ledd som klarer å komme til



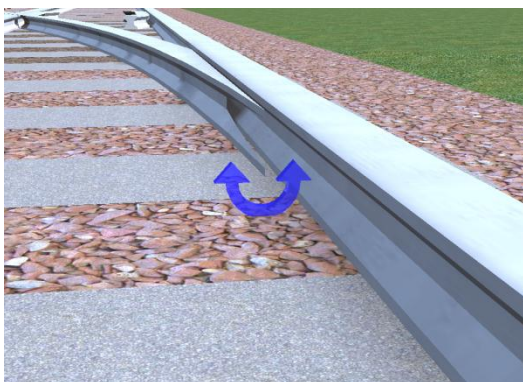
Figur 17 Illustrasjon av mekanisk arm.

av armen og tilhørende drivmotor vil da være avgjørende for hvordan løsningen blir seende ut.

problemområdet, samtidig som den må ha mulighet til å fjernes slik at den ikke ligger i veien når sporvekselen legges over. Ettersom den ligger over sporet må armen også designes slik at den gir etter hvis et tog kjører over den. Dette for å unngå skader på togmateriellet. Illustrasjonen viser armen på utsiden av sporet.

Dersom man velger en løsning der armen var festet mellom skinnene vil det ikke være nødvendig å løfte armen vekk når toget kom. Designet

## 8.5 ALTERNATIV SKIFTEMETODE FOR TUNGE



Figur 18 Illustrasjon av alternativ skiftemetode for tunge.

Videre kan man endre skiftemetoden for tungene i sporvekselen. Dersom man har en løsning hvor tungepartiet beveger seg i en sirkulær bevegelse i stedet for i en vannrett bevegelse vil man kunne hindre at is legger seg i rommet mellom tungene og stokkskinna. Denne vil da automatisk dytte unna isklumper når den skifter over.

## 9 GRUPPENS KRITERIER FOR GODE LØSNINGER

For at de nevnte løsningene skal kunne vurderes likt grunnlag, har gruppen utarbeidet kriterier som vurderingene baseres på. Kriteriene er godkjent av Jernbaneverket, men en subjektiv vurdering av viktighetsgrad ligger til grunn for vektingen. Kriteriene er presentert med synkende viktighetsgrad:

- Sporvekselen skal være pålitelig og opprettholde sin funksjonalitet i et "worst case scenario".
  - I dette ligger det faktum at den skal tåle ekstremvintre slik vi opplevde vinteren 2009/2010.
- Løsningen må ha mulighet for overvåkning.
- Vår løsning skal ikke radikalt redusere eksisterende funksjonalitet av en sporveksel på noe punkt.
  - Verken med tanke på kvalitet eller fleksibilitet.
- Løsningen skal redusere behovet for manuelt arbeid.
- Forsvarlig kostnad.
  - Kostnaden ved å implementere løsningen må veies opp av samfunnsmessige lønnsomme forhold.

Løsningene som er presentert i kapittel 8 må vurderes opp mot kriteriene som er listet opp over. Det er likevel nødvendig å påpeke at løsningene ikke utelukkende er basert på å tilfredsstille alle samtidig.



## 10 VURDERING AV LØSNINGER

### 10.1 BLÅSEANORDNING

#### 10.1.1 TRYKKLUFT

Trykkluft brukes i dag ikke i Norge, men er installert på sporveksler i blant annet Russland. Hensikten er å få blåst bort snø før det bygger seg opp is og harde snøklumper som forhindrer korrekt funksjonalitet av sporvekselen. Slike systemer har vist seg å være effektive i områder hvor temperaturen og luftfuktigheten er lav. Snøen legger seg som et fint pudder som enkelt blåses bort av trykkluften (Juntti, 2012).

Trykkluften produseres enten ved hjelp av et kompressoranlegg eller ved et system med vifter og kanaler som kanaliserer luften dit den trengs. Ulempen med en slik løsning er at den er svært energikrevende og vedlikeholdsintensiv, noe som fører til høye driftskostnader og behov for manuell arbeidskraft. Produksjon av trykkluft er dyrt og det er mange komponenter som trenger regelmessig ettersyn. I tillegg vil en del av komponentene i trykkluftsystemet lide under svært lave temperaturer. Kompressorhus, slanger, koblinger og ledninger tåler dårlig temperaturer under null grader celsius med mindre de produseres i materialer egnet for arktiske klima eller innkapsles i kompressorstasjoner med oppvarming og regulering av temperatur, noe som vil drive kostnadene i været.

I Norge har vi i hovedsak et fuktigere klima enn den russiske tundraen og spesielt i lavereliggende strøk. I kystnære strøk er vintrene mildere med temperaturer som kan svinge rundt null grader celsius. Under slike forhold er det ikke mye puddersnø å snakke om. Skiftende temperaturer og varierende vær fører til en våt og tung snø som er vanskelig å blåse bort og stadig smelting av snø med påfølgende nedfrysing nattetid vil raskt bygge opp større isklumper som trykkluften ikke vil være i stand til å fjerne. Vår vurdering er derfor at trykkluft ikke er noe å satse på i Norge, med unntak av eventuelle sporveksler på for eksempel Dovrefjell hvor klimaet er tørrere.

#### 10.1.2 VARMLUFT

Varmluft har de samme ulempene som trykkluft vedrørende effektforbruk og vedlikeholdsintensitet. Luft har en lav varmekapasitet ( $C_p = 29.2 \text{ J/mol K}$  (Aylward and Findlay, 2002)) noe som fører til at mengden varmluft som trengs for å smelte en isklump vil være stor. I tillegg til høye kostnader vedrørende effektforbruk til kompressorer og vedlikehold av disse, må man ta med kostnader og ulemper knyttet til oppvarmingen av luften. Elektrisitet vil ytterligere øke effektforbruket. I Russland brukes fossile brennstoff som naturgass, propan eller diesel som varmekilde (Juntti, 2012). I Russland, hvor tilgangen på gass er stor, kan dette forsvares. I Norge, hvor infrastruktur rundt gasstransport innenlands er ikke-eksisterende, vil ikke dette kunne forsvares. Man må til med individuelle stasjoner med gass- eller dieseltanker. Dette medfører en økt brann og eksplosjonsfare samtidig som det rimer svært dårlig med den miljøprofilen Norge ønsker å fronte. På bakgrunn av dette mener vi at varmluft ikke er en plausibel løsning for sporveksler i Norge.

## 10.2 OPPHØYD SPORVEKSEL

En idé til passiv fjerning av snø og is i sporvekselen er å løfte den fra bakken. En slik løsning vil ikke kreve noen form for oppvarming, ei heller overvåkning da isklumpene vil dette ut gjennom mellomrommet til svillene. Dessverre tillater ikke de tekniske forskriftene som Jernbaneverket forholder seg til en slik løsning. Omfattende testing og utvikling er derfor nødvendig. Et annet ankepunkt ved denne løsningen er at den krever en drastisk ombygging av eksisterende sporveksler eller at de byttes ut med en ny type tilpasset opphøyd montering.

De kreftene som virker på en sporveksel idet toget kjører over den, krever en dimensjon langt over dagens siden skinnene på enkelte plasser ikke vil ha et underlag å hvile på. Skinnen i seg selv vil måtte fungere som et bærende element og dette kan medføre at sporvekselen blir vanskelig å justere. Man kan tenke seg at denne løsningen kan fungere dersom man legger sporvekselen på en bro lignende konstruksjon liggende lavt over bakken, men en slik konstruksjon antas til enten for dyr eller uten den nødvendige funksjonaliteten.

Selv om en slik løsning ikke vil trenge tilført energi eller overvåkning utover det som trengs for en skinnegang forøvrig, antas denne løsningen som usannsynlig da det vil kreve en massiv ombygging av alle sporveksler samt en endring av tekniske forskrifter. Det kan allikevel være av interesse å vurdere en slik løsning der hvor man av forskjellige grunner må legge skinnegangen elevert i forhold til underlaget.

## 10.3 BØRSTER FOR TOGETS UNDERSIDE

Børster plassert i forkant av sporveksel har til hensyn å fjerne underliggende snø og is fra toget før det når sporvekselen. En av hovedårsakene til is i sporveksel er nedfall fra tog idet det kjører over sporvekselen. Systemet er passivt og krever ingen overvåkning eller energitilførsel. Børstene er ettermonterbare og større endringer på sporvekselen er derfor ikke nødvendig.

Slike børster har dog noen usikkerhetsmoment knyttet til seg. Det er usikkert hvor lenge slike børster vil vare grunnet høy slitasje. Et annet er problemer med snøplogen og klaringen til den.

Videre undersøkelse er påkrevet angående disse børstenes påvirkning på snøplogen. Likevel anses en slik løsning som plausibel i sammenheng med den mekaniske innretningen nevnt i forrige avsnitt som et preventivt tiltak.

## 10.4 MEKANISK ARM

Et forslag til en ettermonterbar løsning for snørydding av sporveksel er en automatisert arm som skuffer isklumpen vekk fra der hvor pensen ligger an mot skinnen. Den gule innretningen på figur 16 viser en slik arm som, når overvåkningen forteller den, legger seg over skinnegangen og skuffer isen vekk til et sted den ikke ligger i veien. En slik løsning vil ikke behøve den energimengden som trengs til elektrisk oppvarming; kun en brøkdelen trengs for å drive noen servomotorer og lineæraktuatorer. Stort sett kan en slik løsning produseres ved bruk av hyllevarer komponenter. Elektriske servomotorer og lineæraktuatorer fås i dag i et vell av utgaver, tilpasset forskjellige laster og klimatiske forhold (Hoyer motors, 2012, TransMoTech

group, 2012). En slik løsning vil kunne ta brodden av det verste vedlikeholdet rundt sporveksler vinterstid, noe som vil redusere behovet for manuell fjerning av snø og is. Ettersom den kan designes til å være ettermonterbar, vil ingen større inngripen i sporvekselens utforming være nødvendig.

Overvåkningsbehovet for en slik løsning vil være større enn for elektrisk oppvarming, men en kan se for seg en løsning hvor denne automatiserte armen griper inn når en omlegging av pensen feiler. Dersom sporvekselen får et signal om å legge om men mislykkes på grunn av is i anleggsflaten, kan denne programmeres til å foreta en feiing før sporvekselen igjen forsøker å legge om. Slik kan langvarige signalfeil reduseres i og med at man ikke trenger å sende ut personell. Alle slike mekanisk-elektriske komponenter krever jevnlig vedlikehold, men kan dimensjoneres for et visst serviceintervall. For eksempel kan en slik innretning tas inn i løpet av sommeren og vedlikeholdes og lagres frem til neste vinter hvor den tas i bruk.

Av sikkerhetsmessige hensyn kan armen som legges over skinnen produseres i plast eller glassfiber. Korrekt geometrisk utforming vil føre til nødvendig styrke samtidig som den vil ryke uten dramatik dersom et tog skulle kjøre over den.

Vi mener en slik løsning vil kunne fungere som et meget godt supplement i vintervedlikeholdet av sporveksler. Den vil kunne fjerne akutte isklumper som har falt av toget slik at øvrig snøfjerning kan reduseres til vanlig vedlikehold av snøfresere.

## 10.5 ALTERNATIV SKIFTEMETODE FOR TUNGE

Bruk av en alternativ skiftemetode vil kreve store ombygninger av sporvekselen. Det er også nødvendig med en endring av dagens forskrifter da det vil føre til en ny type sporveksel. Løsningen vil bli kostbar da den krever både utvikling og produksjon. På grunn av dens avanserte utforming vil det være rimelig å sette spørsmålstegn ved driftssikkerheten. Det er heller ikke urimelig å anta at løsningen vil kreve en stor grad av vedlikehold, i alle fall i innkjøringsfasen.

## 10.6 SELVREGULERENDE SYSTEM

Dette er tiltenkt som en overvåkningsmetode for å sikkert kunne si om sporvekselen kan legge over eller ei. Ved registrert snøfall er tanken at sporvekselen selv kontrollerer om den kan legge om ved å foreta en omlegging. En slik overvåkningsmetode kan med fordel kombineres med den mekaniske innretningen som sammen kan forsøke å fjerne snø og is før et eventuelt alarmsignal sendes ut og man får signalfeil. Gruppen vurderer en slik løsning til å være mer nøyaktig enn ved bruk av overvåkningskameraer eller andre visuelle sensorer da en faktisk funksjonstest foretas.

## 11 AVSLUTTENDE TANKER OG KONKLUSJON

Oppgaven har forsøkt å belyse aktuelle problemer med sporveksler om vinteren som kan føre til lavere punktlighet og effektivitet. En utbedring av dagens sporveksler vil være med på å øke begge punkter da over 20 % av forsinkelsene vinterstid skyldes problemer med sporvekslerens funksjonalitet (Juntti, 2012). Noen av løsningene som forfatterne har foreslått er ikke direkte kompatible med dagens regelverk, og endringer i dette er nødvendig om disse skal være gjennomførbare. En videre utredning av problemet anbefales på det sterkeste, og oppgaven kan i så måte brukes som en basis for denne.

Ved presentasjonen onsdag 25. april, ble det under utspørringen brakt frem en del nye idéer til løsninger. Blant annet er et av problemene at isen som bygger seg opp under togene på fjelloverganger smelter og faller av når det kommer til lavereliggende og varmere strøk. Et forslag som er verdt å se nærmere på er å legge inn isfjerningssoner et stykke før toget kommer frem til områder med flere sporveksler. Noen av de løsningene som er presentert i denne oppgaven vil muligens oppnå en bedre effektivitet dersom slike områder kartlegges og utnyttes.

## REFERANSER

- AFTENPOSTEN.NO & BENTZRØD, S. B. 2010. *Tåler ikke vanlig norsk vinter* [Online]. Available: <http://www.aftenposten.no/nyheter/iriks/article3857449.ece#.T5-7Hqu0CSp> [Accessed 14. March 2012].
- AYLWARD, G. H. & FINDLAY, T. J. V. 2002. *SI chemical data*, Milton, Wiley.
- DRAMMENS TIDENE. 2007. *Store togforsinkelser* [Online]. Available: <http://dt.no/nyheter/store-togforsinkelser-1.3298711> [Accessed 14. March 2012].
- HOYER MOTORS. 2012. [www.hoyermotors.com](http://www.hoyermotors.com) [Online]. Available: <http://www.hoyermotors.com/> [Accessed 6. April 2012].
- JERNBANEVERKET 2008. Jernbanestatistikk 2007.
- JERNBANEVERKET 2011a. Jernbanemagasinet nr.1 2011.
- JERNBANEVERKET 2011b. Punktlighetsarbeid i jernbanesektoren.
- JERNBANEVERKET. 2011c. *Signal/Prosjektering/Sporveksel- og sporsperreutrustning* [Online]. Available: [https://trv.jbv.no/wiki/Signal/Prosjektering/Sporveksel\\_og\\_sporsperreutrustning](https://trv.jbv.no/wiki/Signal/Prosjektering/Sporveksel_og_sporsperreutrustning) [Accessed 11. April 2012].
- JERNBANEVERKET. 2012a. *Overbygning/Prosjektering/Sporkonstruksjoner* [Online]. Available: <https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Sporkonstruksjoner> [Accessed 11. April 2012].
- JERNBANEVERKET. 2012b. *Overbygning/Prosjektering/Sporveksler* [Online]. Available: <https://trv.jbv.no/wiki/Overbygning/Prosjektering/Sporveksler> [Accessed 11. April 2012].
- JERNBANEVERKET. 2012c. *Se punktlighetstall og tiltak* [Online]. Available: <http://www.jernbaneverket.no/no/Nyheter/Togenes-punktlighet-og-regularitet/> [Accessed 1. May 2012].
- JUNTTI, U. 2012. Luleå Railway Research Center: Vinter och järnväg - grundorsaker till vinterproblem på infrastruktur.
- MJWIKI.NO 2007. Sporveksel. In: SPORVEKSEL.PNG (ed.).
- NRK.NO & HANSEN, A. H. 2010. *Togforsinkelser i kulda* [Online]. Available: <http://www.nrk.no/nyheter/1.6935138> [Accessed 14. March 2012].
- OLSSON, N., ØKLAND, A., VEISETH, M. & STOKLAND, Ø. 2010. SINTEF Teknologi og samfunn: Driftsstabilitet på Jernbaneverkets nett - årsaksanalyser 2005-2010 Punktlighets- og regularitetsutviklingen, granskning av årsaker.
- SANDO, S. & MODELLJERNBANEFØRENINGEN I, N. 1992. *Modelljernbane på norsk : en bok om norske jernbaner i full størrelse og i modell*, Oslo, Grøndahl/Dreyer.
- STATISTISK SENTRALBYRÅ. 2011. *Gjennomsnittlig energiforbruk for husholdninger med og uten varmpumpe. kWh tilført energi. 2004, 2006 og 2009* [Online]. Available: <http://www.ssb.no/husenergi/tab-2011-04-19-10.html> [Accessed 1. May 2012].

TRANSMOTECH GROUP. 2012. [www.transmotech.com](http://www.transmotech.com) [Online]. Available: [www.transmotech.com](http://www.transmotech.com) [Accessed 6. April 2012].

WIKANDER, J. A. 8. March 2012. *RE: Møte med JBV, Marienborg.*