

Förläggning och utsättning av kabel längs Sveriges järnvägar-

- Hur kan skador på befintlig kabelanläggning förhindras i grävarbeten?



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Trafik och samhälle / Trafik och väg

Examensarbete:
Henric Hagström

© Copyright Henric Hagström

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 2023

Förord

Detta examensarbete utfördes i Helsingborg under våren 2023 i samarbete med Sibek AB. Examensarbetet är den slutliga examinationen av utbildningen högskoleingenjör i byggt teknik – järnvägsteknik vid Lunds Tekniska Högskola (LTH) och omfattar 22,5 högskolepoäng.

Jag vill börja med att tacka min handledare från Sibek, Magnus Tallroth, som har hjälpt mig under hela arbetets gång med inspiration och att styra arbetet i en god riktning. Magnus har även goda kontakter i branschen som har varit till stor hjälp i formandet av intervjustudien.

Jag vill även ge ett stort tack till Pajtim Sulejmani, min handledare från LTH, som har visat stort intresse för att forma ett bra arbete. Genom hela arbetets gång har Pajtim kontinuerligt följt upp mitt arbete, bidragit med många goda idéer och haft konstruktiva åsikter. Allt detta har varit betydande för att jag ska nå mina mål med examensarbetet.

Till sist vill jag också tacka alla som har valt att ställa upp på intervjuer, vilket har varit mycket givande i utformningen av arbetet med all den kunskap som har tillhandhållits. Respondenterna har bidragit med flera intressanta diskussionspunkter, och jag hoppas detta arbete ska göra dessa personer och deras idéer hörda i branschen.

Helsingborg, maj 2023

Henric Hagström

Sammanfattning

Detta examensarbete handlar om de problem relaterade till kabelskador som uppstår idag i samband med kabelutsättning vid grävarbeten inom järnväg. Kabelutsättning utförs vanligtvis av en underhållsentreprenör, som utförs genom att markera markytan där kabel under marken kan tänkas finnas. Instrument som används för att lokalisera kabel fungerar relativt bra men kan störas av spänningsförande anläggningsdelar i närheten. Detta innebär att en kabelutsättning med precision är svårt att utföra och kablar kan skadas som följd av detta. Kabel kan även skadas av andra anledningar såsom, att krav om försiktig grävning inte följs eller att kabelanläggningen är mycket omfattande på vissa platser.

Skador på kablar bidrar till att det uppstår kostnader i form av reparationskostnader och eventuella tågförseningar. Dessa kostnader är relativa till skadans omfattning, beroende på tiden att utföra reparationen samt i vilken grad trafiken påverkas. Det brukar råda meningsskiljaktigheter mellan beställare och entreprenör om vem som ska bära ansvaret när dessa kabelskador uppstår.

Under år 2022 rapporterades 552st kabelskador i Trafikverkets felrapporteringsystem Ofelia. Samhällskostnaderna för reparationsarbeten på järnväg kan bli väldigt höga. I ett räkneexempel utifrån följande förutsättningar: varje påbörjad förseningsperiod om 10 minuter kostar 15 tkr per försenat tåg, förseningstiden är 12 timmar (8–16 timmar för reparationsarbete) och antal försenade tåg per timme är 6st med en förseningstid mellan 1–9 minuter per tåg, ges en totalkostnad på cirka 596 Mkr. Notera att modellen inte tar hänsyn till eventuellt orsakade följd effekter, reparationskostnader eller skador som inte rapporteras, vilket förekommer i arbeten under totalavstängning.

I den här rapporten föreslås att dokumentation för var kablar finns under mark bör upprättas för att förenkla arbetet med kabelutsättning och på så sätt minska risken för kabelskador. Det föreslås även i rapporten att införa ny utbildning för personal om försiktighetsprinciper kring grävning. Slutligen föreslås det att kabelutsättningen dokumenteras i syfte att motverka konflikter mellan beställare och entreprenör om vem som bär ansvaret för en eventuell skada.

Nyckelord: Järnväg, Kabelförläggning, Kabelskada, Kabelanvisning, Underhåll, Förvaltning

Summary

This thesis addresses the problem related to cable damages that arise today during cable exposure in railway excavation works. Cable exposure is typically carried out by a maintenance contractor, marking the ground surface where underground cables are located.

The instruments used for cable localization functions relatively well but can be disrupted by nearby electrical infrastructure. Consequently, achieving precise cable exposure becomes challenging, leading to potential cable damages. Cables can also suffer damage due to other reasons, such as failure to adhere to careful excavation requirements or extensive cable infrastructure in certain areas.

Cable damages result in costs in the form of repair expenses and potential train delays. These costs are proportional to the extent of the damage, depending on the time required for repairs and the degree of traffic disruption. Disagreements often arise between the client and the contractor regarding the responsibility for these cable damages.

In 2022, a total of 552 cable damages were reported in the Swedish Transport Administration's fault reporting system, Ofelia. The societal costs for railway repair works can be exceedingly high. In a calculation example based on the following assumptions: each delay period of 10 minutes costs 15'000 SEK per delayed train, the duration of the delay is 12 hours (8-16 hours for repair work), and there are 6 delayed trains per hour where each train is delayed between 1-10 minutes, the total cost amounts to approximately 596 million SEK. It should be noted that the model does not account for any potential secondary effects, repair expenses, or damages that go unreported, which may occur during total shutdown works.

This report suggests the establishment of documentation regarding the underground cables locations to simplify the cable exposure process and thereby reduce the risk of cable damages. The report also proposes the implementation of new training programs for personnel regarding excavation precautions. Lastly, it is recommended that cable exposure activities be documented to mitigate conflicts between the client and the contractor regarding responsibility for any potential damages.

Keywords: Railway, Cable placement, Cable damage, Cable exposure, Maintenance, Management

Förkortningar

BVS

Banverkets standard, det ursprungliga regelverket som användes inom järnväg innan Trafikverket bildades

RÖK

Räls Övre Kant

RUK

Räls Undre Kant

STH

Största Tillåtna Hastighet

TDOK

Trafikverkets dokument, det tidigare samlade regelverket gällande för alla infrastrukturuområden inom Trafikverket

TRVINFRA

Trafikverkets senaste regelverk av styrdokument, som ersätter tidigare regelverk BVS och TDOK i större utsträckning

TSA

Tungt Spårgående Arbetsfordon, fordon som uppfyller krav för att framföras på spår

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och målsättning	2
1.3 Problemformulering	3
1.3.1 Frågeställning kabelutsättning	3
1.3.2 Frågeställning dokumentation av kablar	3
1.4 Avgränsningar	3
1.5 Metodbeskrivning	4
1.5.1 Metodlära	4
1.5.1.1 Akademisk kunskap	4
1.5.1.2 Metod i akademiskt sammanhang	4
1.5.1.3 Kvalitativ forskningsstudie	4
1.5.1.4 Litteraturstudie	5
1.5.1.5 Intervjustudie	5
1.5.2 Val av metod	5
1.5.2.1 Inledande studie	6
1.5.2.2 Marknadsundersökning	6
1.5.2.3 Huvudstudie	6
1.5.2.4 Avslutande studie	6
2 Litteraturstudie	7
2.1 Kabelutsättning i praktiken	7
2.1.1 Kabelsökartrustning	7
2.2 Banans uppbyggnad	8
2.2.1 Banunderbyggnad	8
2.2.2 Krav på förläggning av kabel i banunderbyggnad	8
2.2.3 Ledningsfri zon	8
2.3 Metoder för kabelförläggning inom andra infrastrukturuområden än järnväg	9
2.4 Redskap för plöjning och kabelförläggning	9
2.4.1 Frontmatad kabelplog	9
2.4.2 Statisk och dynamisk plog	10
2.4.3 Vakuumsug	11
2.5 Ej järnvägsrelaterad kabel som korsar spåret	11
2.6 Arbeten som innefattar grävning eller schaktning	12
2.6.1 Arbeten i underhållsuppdrag	13
2.6.2 Arbeten i investeringsuppdrag	13
2.7 Återställning efter utfört arbete	13
2.7.1 Arbetets påverkan på banans integritet	13
2.8 Förvaltningsskede	14
2.8.1 Underhållskontrakt	14

2.8.2 Besiktning	14
2.8.2.1 Ibruktagande besiktning.....	15
2.8.2.2 Kontrollbesiktning	15
2.8.2.3 Säkerhetsbesiktning	15
2.8.2.4 Underhållsbesiktning	15
2.9 Samhällsrelaterade kostnader	16
2.9.1 Kostnader relaterade till persontrafik.....	16
2.9.2 Kostnader relaterade till godstrafik	17
2.9.3 Kostnader relaterade till underhåll.....	17
3 Rapporteringssystem Ofelia	17
3.1 Rapporterade fel relaterat kabelanläggning	18
3.2 Tidsåtgång och Kostnader.....	18
3.2.1 Felrapport exempel 1, skadad baliskabel	19
3.2.2 Felrapport exempel 2, skadad mellankopplingskabel	19
3.2.3 Felrapport exempel 3, gammal kabel	20
4 Intervjustudie	20
4.1 Bakgrund.....	20
4.2 Intervjuer med beställare	22
4.2.1 Uppfattning om resultat av grävarbeten	22
4.2.2 Dokumentation av gamla och nya kablar.....	23
4.2.3 Kommunikation och ansvar vid påträffade kabelskador.....	24
4.2.4 Ekonomisk påverkan för projekt	26
4.2.5 Ytterligare krav och avtal.....	27
4.3 Intervjuer med entreprenörer.....	29
4.3.1 Utförandet i praktiken	29
4.3.2 Metoder och utrustning	31
4.3.3 Dokumentation av gamla och nya kablar.....	32
4.3.4 Kommunikation och ansvar vid påträffade kabelskador.....	32
5 Resultat.....	34
5.1 Frågeställning kabelutsättning.....	34
5.1.1 Hur ofta uppstår det fel på grund av bristande kabelutsättning?.....	34
5.1.2 Finns det tydliga brister i metoderna som används eller i utförandet av kabelutsättningen?	35
5.1.3 Går det att förbättra de metoder som används eller bör man ta fram nya metoder för kabelutsättning?	35
5.1.4 Hur stor är kostnaderna som uppstår när befintlig kabel skadas?	36
5.2 Frågeställning dokumentation av kablar	38
5.2.1 Skulle ytterligare dokumentation av kablar minska antalet kablar som skadas?	38

5.2.2 Är det i förvaltarens intresse att införa ytterligare dokumentation av kablar?	39
5.2.3 Är det ekonomiskt gynnsamt att införa ytterligare dokumentation av kablar?	39
5.2.4 Hur detaljerad behöver den ytterligare dokumentationen vara för att gynna beställare och entreprenörer?	40
5.3 Slutsatser	41
6 Diskussion	43
6.1 Metoddiskussion.....	43
6.2 Resultatdiskussion	44
6.3 Förslag till vidarestudier	46
7 Referenser	47
Bilaga 1	50
Bilaga 2	51
Bilaga 3	52
Bilaga 4	53
Bilaga 5	54

1 Inledning

1.1 Bakgrund

¹I byggnadsentreprenader inom järnväg förekommer det i princip alltid någon form av schaktarbete för kabelförläggning och/eller för kanalisationsrännor, brunnar, fundament, broar, tunnlar etc. Vid större ny- eller ombyggnadsprojekt förläggs kabel i kanalisationsystem och i andra fall förekommer att kabel schaktas eller plöjs ned direkt i mark. När kabelschakt utförs måste befintlig kabel i mark skyddas för att inte störa framdriften vare sig under eller efter entreprenadtiden.

Det ingår därmed för entreprenörer att hantera befintlig kabel på sådant sätt att inte skador uppstår. I praktiken utförs det vid schakt genom att följa en så kallad kabelutsättning där befintlig kabel i förväg lokaliserats med hjälp av kabelsökartrustning och markerats på mark med sprayfärg. Detta för att dokumentation om kablers geografiska lokalisering vanligtvis ej ingår i anläggningshandlingarna för järnvägsentreprenörer. Kabelutsättningen utförs av entreprenörer som är upphandlade av förvaltaren.

När kabelförläggning utförs ska entreprenören schakta/plöja försiktigt där kabelmarkering finns. Det förekommer att kabel skadas i dessa arbeten och i vissa fall uppstår konsekvenser som tåg förseningar och akut felavhjälpning, vilket resulterar i stora kostnader för beställaren och samhället.

Kabelfel kan även uppstå under entreprenadsskedet och det kan vara problem som behöver åtgärdas under förvaltningsskedet. Detta är en kostnadspost som blir dyrare att hantera under förvaltningsskedet då beredskapspersonal är relativt dyrt i förhållande till att åtgärda felet under anläggningsskedet. Trots det faktum att det finns en skyldighet hos entreprenören i kontraktet att åtgärda ett fel anser vissa entreprenörer att det oftast är billigare för dem att skjuta på den kostnaden till att ersätta den entreprenör som ansvarar för anläggningen under förvaltningsskedet.

²Det förekommer följdproblem i sammanhanget då kabelutsättningen förstörs av själva schaktandet och det kan uppstå konflikt mellan beställare och entreprenör huruvida kabel var korrekt utsatt eller inte.

¹Anton Sandström, Projektledare på SIBEK AB.

²Magnus Tallroth, Byggledare och Byggplatsuppföljare på SIBEK AB

1.2 Syfte och målsättning

För att minska förseningar i tågtrafiken och därmed minska försenings- och reparationskostnader är syftet med examensarbetet att undersöka befintliga metoder och potentiellt nya metoder för att schakta/gräva längs järnväg där befintlig kabel är förlagd så risken för skada på befintlig kabel i arbeten minskas. För att eventuellt ta fram förslag på nya metoder för kabelhantering kommer även andra infrastrukturområden, än den för järnväg, att undersökas om det finns potential att tillämpa dessa inom järnväg.

I de fall konflikt uppstår mellan beställare och entreprenör då kabel skadas kommer kommunikationen mellan dessa undersökas sådant att en tydligare bild kan tas fram för var och varför konflikten uppstår

Examensarbetet kommer också lägga tyngd på att besvara frågan om det finns ekonomiska och arbetsmiljömässiga fördelar med att utöka befintliga handlingar med geografiska beskrivningar om var i marken kabel befinner sig, alternativt andra åtgärder som gynnar entreprenör och beställare på liknande sätt. Detta för att underlätta arbetet med akutfelavhjälpning för kabelfel och generella arbeten med kablar.

1.3 Problemformulering

Då arbetets syfte är att undersöka metoder och tillvägagångssätt kring kabelutsättning och dokumentationen av kablar delas problemformuleringen in i två huvudsakliga delar.

1.3.1 Frågeställning kabelutsättning

- Hur ofta uppstår fel på grund av bristande kabelutsättning?
- Finns det tydliga brister i metoderna som används eller i utförandet av kabelutsättning?
- Går det att förbättra de metoder som används eller bör man ta fram nya metoder för kabelutsättning?
- Hur stora är kostnaderna som uppstår när befintlig kabel skadas?

1.3.2 Frågeställning dokumentation av kablar

- Skulle ytterligare dokumentation av kablar minska antalet kablar som skadas?
- Är det ekonomiskt gynnsamt att införa ytterligare dokumentation av kablar?
- Är det i förvaltarens intresse att införa ytterligare dokumentationen av kablar?
- Hur detaljerad behöver den ytterligare dokumentationen vara för att gynna förvaltaren och entreprenörer?

1.4 Avgränsningar

Examensarbetet kommer inte att förhålla sig till hur skador uppstår och kan undvikas på ny kabel vid schaktning, utan det är den kabel som redan finns i mark när schaktning eller plöjning ska utföras som skador ska förhindras uppstå för.

De problem, metoder och lösningar som undersöks kommer inte förhålla sig till nya innovativa idéer med utrustning som inte finns att tillgå. Fokus kommer ligga i att undersöka den utrustning och de metoder som redan finns att tillgå på marknaden, samt de metoder som används inom andra infrastrukturområden än järnväg.

Examensarbetet begränsas även till att endast omfatta Sveriges järnvägar.

1.5 Metodbeskrivning

1.5.1 Metodlära

1.5.1.1 Akademisk kunskap

För att en uppsats ska klassas som akademisk måste ett antal krav uppfyllas. Dessa krav beskriver Paulsson (2020) att vara relevans, utvecklande och gynnsamhet. Mer specifikt så ska författaren vara insatt inom området för att rapporten ska vara relevant och inte redundant, studien bör om möjligt utgå ifrån tidigare studier och undersökningar inom området för att utveckla branschen, och till sist så ska resultatet från studien vara gynnsamt då resultatets överensstämmande med tidigare och relaterade undersökningar diskuteras (Paulsson, 2020).

1.5.1.2 Metod i akademiskt sammanhang

En studie som görs i ett akademiskt sammanhang följer en vetenskaplig metod som kan komma att förändras över tid. Den metod som används i dag kan delas upp i tre olika krav enligt Paulsson (2020). Dessa tre krav innefattas av kontrollerbarhet, upprepningsbarhet och individoberoende. Kontrollerbarhet menas med att studien utformas på ett sådant vis att läsaren kan kontrollera studien, och desto större kontrollerbarhet en studie har desto högre är validiteten på studien. Upprepningsbarheten innebär att studien kan återupprepas av läsaren och resultatet som då erhålles bör vara det samma som vad presenteras i studien. Det sista kravet är individoberoende och innebär att studien görs objektivt och att resultatet ej är påverkat av värderingar hos individer (Paulsson, 2020).

1.5.1.3 Kvalitativ forskningsstudie

Att en studie är kvalitativ innebär att studien utformas efter tolkningar och insamlad information, exempelvis genom intervjuer. Det betyder inte att resultatet som erhålles fastställer sanningar utan snarare att studien används för att troliggöra (Paulsson, 2020). Den kvalitativa studien är bestående av en löpande text som inte innehåller mätningar eller liknande data, till skillnad från en kvantitativ studie. Men en kvalitativ studie kan innehålla delar som är kvantitativa.

1.5.1.4 Litteraturstudie

Vad som kännetecknar en litteraturstudie är den metod som används för att ta reda på information eller insamling av data genom användningen av vetenskapliga artiklar. Det är därför viktigt att det framgår i arbetets bakgrund vad som ska undersökas i studien för att på sådant vis kunna fastställa om litteraturstudien är relevant till arbetet. För att läsaren skall kunna ta ytterligare del av den informationen som redovisas är det viktigt att det finns en god källförteckning. Vissa informationskällor är mindre pålitliga, exempelvis nyhetsartiklar eller marknadsföringsbroschyrer, då det kan finnas ett underliggande motiv bakom dessa skrifter och det finns grunder för antagande att informationskällan är annat än opartisk.

1.5.1.5 Intervjustudie

En intervjustudie är ett exempel på en kvalitativ studie. Studien görs av olika anledningar med syftet att samla in information antingen som en idéinsamling eller som en faktainsamling (Paulsson, 2020).

Idéinsamling är intervju med dynamiskt upplägg, dvs. att frågorna i intervjun är öppna och utgår från svar som ges under intervjuns gång. Detta innebär att det är möjligt att uppnå en djupare förståelse inom området och kan utvecklas åt olika håll beroende på vilken person som intervjuas (Paulsson, 2020).

Faktainsamling innebär att intervjun har en viss struktur och frågorna är utvalda i förväg. Det kan även betyda att svaren förväntas vara mer standardiserade och upplägget kan likna en enkät (Paulsson, 2020).

1.5.2 Val av metod

Metoden för arbetet är utformat att vara i formen av explorativ. Paulsson (2020) påstår att en explorativ studie är en undersökning av ett område som är relativt odokumenterat och målet med arbetet är att upptäcka ämnet för att ta reda på så mycket information som möjligt. Arbetet är i sin tur valt att läggas upp i en inledande del, en huvuddel och en avslutande del. Den inledande delen omfattas av en kombinerad litteraturstudie och marknadsundersökning. Huvuddelen utgörs av en intervjustudie, och den avslutande delen presenterar resultat och slutsats från undersökningen.

1.5.2.1 Inledande studie

Arbetet kommer grunda sin inledande del i en litteraturstudie och marknadsundersökning som görs för att få en större kännedom om området, problematiken och den ekonomiska påverkan som problemet ligger i grund för.

1.5.2.2 Marknadsundersökning

Tillhörande litteraturstudien är marknadsundersökningen, som anses vara nödvändig i bedömningen av de metoder och redskap som används i nuläget samt vid undersökningen av utvecklingen för alternativa metoder och redskap inom branschen.

Sand (2016) beskriver marknadsundersökning som resultatet av vad som framgår genom att definiera och identifiera marknadsföringsproblem och möjligheter utifrån den information som framgår av konsumenter, kunder och allmänheten relaterade till marknadsföraren. Det är metoden som används för att både vidareutveckla befintliga metoder och för att utveckla nya metoder (Sand, 2016).

Marknadsundersökningen som görs i detta arbete innefattar undersökning av diverse utrustning som används vid arbete med kablar inom olika företag och branscher. Vidare, kontaktas erfarna kabeltekniker för att ställa de olika utrustningarnas för- och nackdelar mot varandra sådant att en djupare förståelse kan ges om vilka egenskaper som värderas högre för kabeltekniker.

1.5.2.3 Huvudstudie

Större delen av arbetet är grundat i en explorativ intervjustudie som görs med beställare, konsulter och entreprenörer från olika företag. Genom att undersöka ämnet inom de olika arbetsrollerna i branschen förväntas resultatet spegla vad de olika parterna uppfattar vara bristfälliga eller i behov av förbättring.

1.5.2.4 Avslutande studie

I den avslutande studien kommer resultat och slutsatser dragna utifrån litteratur- och intervjustudien presenteras i form av konkreta ställningar tagna till problematiken, förbättringsmöjligheten och vidarestudier.

2 Litteraturstudie

2.1 Kabelutsättning i praktiken

För alla arbeten längs järnvägen för Trafikverket som involverar grävning, sprängning eller borring börjar ärendet med att entreprenören begär ledningsanvisning från Ledningskollen.se (Trafikverket, 2021a). Ledningskollen.se är en tjänst som även används inom andra branscher när arbete sker i närheten av diverse ledningar eller kablar, och hjälper entreprenörer med att lokalisera ledningar, kablar och annan infrastruktur. Syftet med att begära dessa anvisningar är att skydda ledningar mot avgrävningar. Ledningskollen hjälper även till med att förenkla och samordna grävarbeten (Ledningskollen, u.d.).

Efter att ett ärende hos Ledningskollen har påbörjats kontaktar en utsättningsentreprenör från Trafikverket den entreprenören som ska gräva för att märka ut var i marken de befintliga ledningarna befinner sig. Detta kallas för kabelanvisning eller kabelutsättning. Kabelutsättning görs i normala fall genom att markera marken med käppar, stakläkt eller sprejfärg. Genom att göra en kabelutsättning underlättas grävarbetet för eventuella skador på befintliga kablar som ligger i marken, och beskrivs tydligt i styrdokument TRVINFRA-00179 enligt krav K230366 (Trafikverket, 2023).

För ett arbete med kabelförläggning är det viktigt att entreprenören har korrekt utbildning. Detta innefattar, men begränsas ej till, korrekta kompetenskrav för utförande av elinstallationsarbete enligt Elsäkerhetsverket (2022) och rutiner för fortlöpande arbete med egenkontrollprogram (Elsäkerhetsverket, 2022). Trafikverket har även egna krav likt Elsäkerhetsverket som tydliggör vilka behörigheter som gäller vid arbete med kabelförläggning, mer specifikt i anslutning till järnvägsanläggningen, och dokumenteras även här i styrdokument TRVINFRA-00179.

2.1.1 Kabelsökartrustning

När kabelutsättning utförs kan med fördel en så kallad kabelsökare användas. Detta instrument identifierar spänningssatta kablar i marken som gör det möjligt att märka marken på ytan var eventuell kabel befinner sig. Instrumentet varierar i funktion beroende på leverantör och identifierar kabel ner till ett viss djup. Likt kabelsökare kan markradar användas med liknande resultat. Vilket instrument som används varierar mellan entreprenörer och förutsättningar.

2.2 Banans uppbyggnad

2.2.1 Banunderbyggnad

Det som avser banans uppbyggnad kallas för banunderbyggnad och innefattar samtliga objekt under räls. Detta kan även beskrivas som allt under profilplan RUK. Banunderbyggnaden är uppbyggd av flera olika komponenter och är designad för bärkraft, självdränering och av icke-organiskt material. Dessa komponenter omfattas främst av, men begränsas ej till, ballast, underballast, bankfyllning, materialskiljande lager, samt kring-fyllning för dränledning och kabelränna. Banans uppbyggnad är beroende av ett antal faktorer där de främsta är antal spår, rakspår/kurvspår samt bank/skärning i olika kringliggande material. Mått för komponenterna i underbyggnaden är därmed varierande och beskrivs för samtliga förhållanden i styrdokument BVS 1585.005 (Trafikverket, 2021b).

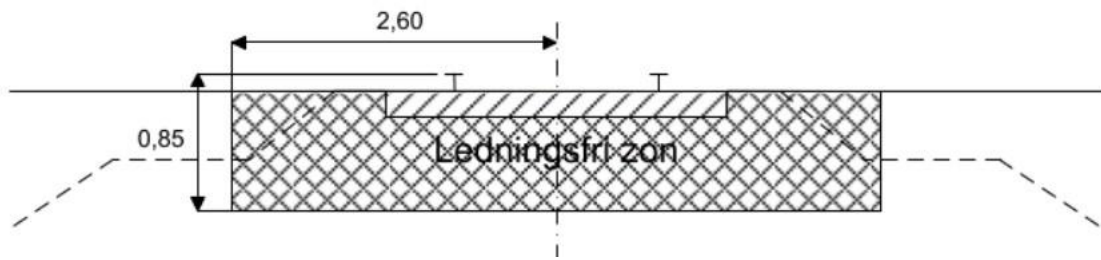
Underballasten avser det lager under ballast och ska normalt sett vara av djupet 0,8m. Nivå från underkant av underballast är gränsen för sidoområdet. I detta område bör banvallen sås med frön för växtlighet som klarar av torra förhållanden för att inte annan vegetation ska sprida sig i banvallen. Detta för att minska framtida behov av underhåll (Trafikverket, 2021b).

2.2.2 Krav på förläggning av kabel i banunderbyggnad

För kabel som ska förläggas i banunderbyggnaden gäller att krav för konstruktiv utformning följs. Detta beskrivs av Trafikverket (2015) i kravdokument TDOK 2014:0945. Enligt avsnitt för lednings läge gäller att tvärgående ledningar förläggs under längsgående ledningar samt att krav för korsningsvinkel inte understiger 80 grader. Fyllningshöjden måste vara minst 2m under spåret och jordtäckning för måste vara minst 1,5m då ledningen befinner sig inom 15m från spår mitt (Trafikverket, 2015).

2.2.3 Ledningsfri zon

I banunderbyggnaden finns en så kallad ledningsfri zon där ledningar eller kablar ej får förläggas. Detta är för att kablarna inte ska skadas i spårarbeten som ballastbyte eller ballastrening, enligt TDOK 2014:0945 (Trafikverket, 2015). Figuren (se Figur 1) illustrerar avståndet i sidled från spår mitt (2,6m) och avståndet i djup från RÖK (0,85m) som utgör den ledningsfria zonen.



Figur 1. Ledningsfri zon (TDOK 2014:0945, Trafikverket 2015)

2.3 Metoder för kabelförläggning inom andra infrastrukturuområden än järnväg

Pite Energi (2020) sköter en mängd olika arbeten runt om Piteå och driver staden med 100% förnybar el. För kabelförläggning i mark skriver Pite Energi (2020) om deras metoder och säkerhetsåtgärder som ska användas för att skydda kabel i mark under markarbeten. Genom att använda markeringsband som läggs 100mm ovan skyddsobjekt ska det framgå vid grävning att spänningssatt kabel finns i närheten. Färgen på märkbanden är olika beroende på om kabeln som förläggs är kraftkabel eller optikkabel. För att identifiera var det finns skarvar placeras en så kallad sökboll intill skarven. Sökbollen fungerar som en passiv sändare och används för att lokalisera skarvar utan att fysiskt leta efter skarven med grävningsarbete. När kabel plöjs ned görs detta med antingen en vibrerande eller en fast plog om kabelarean är mindre än 50mm², i annat fall då kabelarenan är grövre schaktas marken inför förläggningen (Pite Energi, 2020).

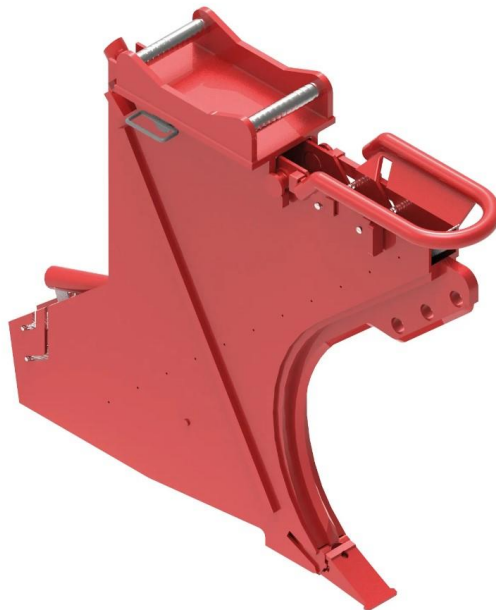
När arbete med grävning ska ske för eller intill ledning tillhörande el, fjärrvärme eller bredband utförs kabelanvisningen i Växjö, liksom andra ställen i Sverige, via Ledningskollen. Ledningarna markeras av Veab (Växjö energi) med olika markeringar beroende på ledningstypen. För att undvika skador på ledningar vid grävarbete får maskiner inte användas närmare än 1m från markerat ledningsläge och för ledningar med högspänning kan detta medföra ytterliggare säkerhetsavstånd (VEAB, u.d.).

2.4 Redskap för plöjning och kabelförläggning

2.4.1 Frontmatad kabelplog

När plöjning ska utföras används ofta större redskap monterade på grävmaskiner. En variant som används från RF-System AB (2023) är en "Frontmatad Kabelplog KPFF" (se Figur 2). Plogen förlägger då kabeln samtidigt som den plöjer marken. Andra enklare redskap, sådana som raseringsvinda, används även då kabel rullas ut i mark som redan är plöjd i ett

tidigare skede. Raseringsvindan fungerar som ett hjul och rullar ut kabel då maskinen framförs. Fördelen med kabelplogen är att den kan förlägga fler kablar samtidigt och att skador på ny kabel är minimal då den förhindrar stark böjning (RF-System AB, 2023). För mindre kablar behövs inte alltid maskin användas för att rulla ut kabel och görs i stället med handkraft direkt från kabeltrumma.



Figur 2 Frontmatad kabelplog (RF-System AB u.d.)

2.4.2 Statisk och dynamisk plog

Vid utförandet av plöjning finns det två olika typer av plogar, dynamisk och statisk. Den vanligaste typen av plöjning är statiskt och innebär att en maskin, ofta TSA, sänker ner plogen i marken och plogar ett förläggingsdike som kabel sedan kan förläggas i (se Figur 4). När kabel läggs ut med statisk plogning kan man sedan använda raseringsvindan (se Figur 3) som monteras på maskin (TSA) för att enkelt rulla ut kabeln längs spåret.

Kaddori (2017 se Bjuström & Wingqvist, 2004) menar att den dynamiska plogen är något mer komplicerad och används oftast bara vid längre sträckor. Detta på grund av att det är svårare att gräva med den dynamiska plogen vid skarpa kurvor och ställen där kabeln behöver korsa en vägbana eller järnväg, som vid exempelvis en korsning.

2.4.3 Vakuumsug

Ett annat vanligt arbetsredskap som används är en så kallade vakuumsug (även kallad makadamsug). Denna maskin ser i princip ut som en stor dammsugare och kan suga upp makadam från spåret utan att påverka banvallens integritet. Denna maskin kommer med både för och nackdelar. Railcare (u.d.) skriver på deras hemsida om fördelarna som deras vakuumsug, Railvac (se Figur 3), bidrar med, och nämner bland annat att kabelutsättning ej behövs, minimal risk för kabelskador och att inga signaltekniska åtgärder behövs efter arbetet (Railcare, u.d.). Vad som menas med signaltekniska åtgärder i detta fall syftar på demontering och montering av spårledning anslutande i räls, före respektive efter plöjning. Det finns dock vissa nackdelar med att använda vakuumsug. Exempelvis så måste massor fraktas då utrustningen förvarar massorna i behållare under arbetes gång och fylls upp relativt snabbt. Dessutom så är utrustningen dyr och svårhanterad, och därmed är det inte alltid idealt för större arbeten över längre sträckor. Detta beror på vilken typ av vakuumsug som används, då de varierar i storlek.



Figur 3, Vakuumsug modell "Railvac" (Foto: Johan Forslund, Railcare)

2.5 Ej järnvägsrelaterad kabel som korsar spåret

När annan kabel än den relaterad till järnväg ska korsa järnvägen finns det bestämmelser som inriktar sig till att kabel förläggs på korrekt sätt. Enligt Uponor (2013) skall fyllningshöjden vara minst 1,2m under spårområdet, mätt från RÖK. Spårområdet avser 8m ut från spår mitt. Det är krav på att kabel ska förläggas i rör när den korsar järnvägen, vilket även gäller för kabel relaterad till järnvägsanläggningen i vissa sammanhang (Se Figur 4). Detta är till för att

skydda kabeln och kallas därmed ofta för kabelskydd. Kringfyllnadsmaterialet relaterat till kabel som korsar järnväg måste vara enligt krav av maximal kornstorlek 20mm och resterande kringfyllnad får endast innehålla uppemot 10% kornstorlek 100-150mm (Uponor, 2013).



Figur 4, Kabelskydd i form av knäpprör (Foto: Peter Björklund, Trafikverket)

2.6 Arbeten som innefattar grävning eller schaktning

Många av de arbeten som utförs inom järnvägens infrastruktur innefattar någon form av markarbete. Ofta behöver nya kablar förläggas och fundament grävas ner, vilket görs inom de samtliga delarna i branschen; signal, tele, bana och el. Omfattningen för ett arbete som involverar grävning kan däremot variera betydligt och kan bedrivas med manskraft till ett flertal större maskiner. För att förstå utmaningarna som en gräventreprenör kan utsättas för delas arbetstyperna upp i två olika kategorier, underhållsuppdrag och investeringsuppdrag. Underhållsuppdrag involverar underhåll och generell upprustning av anläggningen i förvaltningssskede, och investeringsuppdrag involverar arbete med ny- och ombyggnationer.

2.6.1 Arbeten i underhållsuppdrag

Ett arbete i underhållsuppdrag kan vara av tre olika typer. Skötselarbeten som utförs för att förebygga fel och för att anläggningen ska behålla driftstandard. Arbeten som görs för att åtgärda fel kan innebära att delar och komponenter behöver bytas ut eller repareras men behöver inte innebära akuta eller allvarliga fel. Arbeten som görs i akut felavhjälpning är de arbeten som omedelbart behöver utföras för att anläggningen ska fortsätta vara i normal drift, och kan innebära att trafiken påverkas så länge felet är kvarvarande.

De vanligaste arbetstillfällena som omfattar grävning är vid kabelförläggning eller underhållsarbeten för spåret.

2.6.2 Arbeten i investeringsuppdrag

Ett investeringsuppdrag innebär att en anläggning byggs om eller att ny anläggning byggs av upphandlade konsulter på beställning av förvaltaren. De arbeten som görs i investeringsuppdrag är oftast av större omfattning än de för underhållsuppdrag. Dessa arbeten kan exempelvis innefatta för en gräventreprenör att förlägga ny kabel längs flera kilometerlånga sträckor i samband med uppdraget. Arbeten i investeringsuppdrag är därför inte bara större i omfattning utan även större ekonomiskt sett. Om metoderna som används inte är nog effektiva och om arbetet kan skada befintlig anläggning är risken för att akuta fel uppstår större. Att utveckla och förbättra arbetsmomenten för en investeringsentreprenör kan med större effekt förebygga att fel uppstår. Därmed kan risken att arbetet påverkar befintlig anläggning minskas och kostnaden för förvaltaren, samt underhållsentreprenören, kan hållas nere.

2.7 Återställning efter utfört arbete

2.7.1 Arbetets påverkan på banans integritet

Ett arbete som ska utföras i bankroppens överbyggnad kan leda till påverkan av banans stabilitet. Därför kallas dessa typer av arbeten för stabilitetspåverkande arbeten. Det finns olika typer av stabilitetspåverkande arbeten som medför olika krav från Trafikverket, och därför delas arbeten in i kategorier. Kategorierna i sin tur avgör vilken hastighet tåg begränsas till under en period efter att det stabilitetspåverkande arbetet är slutfört. När arbetet frilägger högst 5 slipersändar i följd med minst 20st sliprar mellan sliprar, enligt kravdokument TRVINFRA-00014, gäller för kabelplöjning och schaktning i längsgående riktning att arbetet hanteras enligt kategori 2.

Ytterligare faktorer som förväntad spårtemperatur, vilket kan skilja sig drastiskt beroende på årstid, vilken spår typ som arbetet utförts vid, exempelvis betongsliperspår eller träsliperspår med olika ballast, måste tas i hänsyn för planerande av hastigheten. (Se Bilaga 1)

När arbete med stabilitetspåverkade åtgärder har slutförts utförs stabilitetshöjande åtgärder. Detta innebär att spåravsnittet skall ha utsatts för en ackumulerad trafikbelastning på 100'000 bruttoton under den avvisade hastigheten innan tåg kan trafikera sträckan normalt igen, enligt krav K38716 (TRVINFRA-00014). Ackumulerad trafikbelastning avser summan av de passerade tågens totalvikt och erhålles från beställare i uppdrag (Trafikverket, 2021c).

Innan tåg kan åter trafikeras på banan efter avslutat stabilitetspåverkande arbete, gällande för samtliga kategorier, behöver enligt krav K38737 (TRVINFRA-00014) samtliga nedanstående punkter uppfyllas:

TRVINFRA-00014 K38737 (Trafikverket 2020)

- 1. Spårläget är justerat*
- 2. Ballastsektionen är normenlig enligt TDOK 2015:0198 Typsektioner för banan.*
- 3. Alla rälsbefästningar är monterade*
- 4. Spårläget är kontrollerat och uppfyller kraven för aktuell hastighetsklass enligt kapitel 12 Krav på spårläge, toleranser, i dokument TRVINFRA-00013 Banöverbyggnad Spårläge*

2.8 Förvaltningskede

2.8.1 Underhållskontrakt

För samtliga sträckor och områden i Sveriges järnvägsnät finns en underhållsentreprenör med uppgift att hålla anläggningen driftbart skick. Vad som ingår i kontrakt för underhållsentreprenören varierar beroende på kontrakt, men i stort sett så innefattar det felavhjälpling, reparation, förebyggande underhåll och åtgärdande av besiktningsanmärkningar.

2.8.2 Besiktning

Järnvägen i Sverige undergår emellertid besiktningar av olika slag. Dessa besiktningar beställs av Trafikverket och kan ingå i kontrakt för entreprenörer i olika utsträckningar. Besiktning görs på järnvägens samtliga delar för att säkerställa att anläggningen är driftsäker för både person och egendom efter det att ett arbete har genomförts eller för att förebygga fel som kan uppstå när anläggningen är i drift. Besiktningar kommer i olika former, som

ibruktagandebesiktning, kontrollbesiktning, säkerhetsbesiktning och underhållsbesiktning.

2.8.2.1 Ibruktagande besiktning

När en ny anläggning byggs eller när en anläggning byggs om inom järnväg utförs alltid ibruktagande besiktning på samtliga delar för att säkerställa att anläggningen fungerar säkert och på det sätt som är beskrivet i de tekniska föreskrifter som ligger i underlag för arbetet. Ibruktagandebesiktning kan även förekomma när andra planerade ingrepp av större omfattning ska utföras. Detta sker innan anläggningen tas i bruk och därmed innan tåg kan trafikera sträckan som den nya eller ändrade anläggningen omfattar (Trafikverket, 2022a).

2.8.2.2 Kontrollbesiktning

I de fall ingrepp i anläggning utförs som påverkar anläggningens drift, exempelvis ingrepp som reparation, utbyte av anläggningsdel eller justering av anläggningsdel, krävs att en kontrollbesiktning utförs för att säkerställa säker och korrekt avsedd drift för anläggningen. Kontrollbesiktning kan även benämnas som en mer utförlig och säkerhetsbestämd egenkontroll (Trafikverket, 2022a).

2.8.2.3 Säkerhetsbesiktning

Säkerhetsbesiktning utförs periodvis på järnväg med olika mellanrum beroende på banans trafikeringshastighet och antal bruttoton per år som belastar banan. Syftet med säkerhetsbesiktning är att utföra periodvis kontroll av anläggningsdelar som anses ha väsentlig betydelse för säkerheten och driften för anläggningen. Genom att utföra en periodiskt planerad besiktning kan felaktiga eller slitna komponenter upptäckas i tid innan fel i anläggning uppstår (Trafikverket, 2022b).

2.8.2.4 Underhållsbesiktning

Underhållsbesiktning utförs inom de samtliga områdena för järnväg, signal, bana, el lågspänning och el högspänning (Trafikverket, 2021d). Genom underhållsbesiktning säkerställs att anläggningen är driftsäker och kostnadseffektiv i enlighet med anläggnings livscykelkostnad (LCC) (Trafikverket, 2022c). Denna besiktning, likt säkerhetsbesiktningen, utförs periodvis för anläggningen men är mer omfattande och har som syfte att förebygga underhållsarbete för anläggningen.

2.9 Samhällsrelaterade kostnader

Tågförseningar i Sverige kan delas in i ett antal orsakskategorier. Beroende på vilken orsak som ligger i grund till förseningen äger olika aktörer ersättningsskyldighet. Vad som är att notera för denna studie är den andel fel som uppstår på grund av att kabel som skadas, bland andra fel, klassas som signalfel om dessa fel är så grova att trafiken påverkas. Hur många fel som kabelfel faktiskt ligger i grund för går däremot inte att avläsa från statistiken. Följande tabell (se Tabell 1) är framtagen utifrån statistik från Tågexperterna.nu (2023) som dokumenterar alla tågförseningar och förseningsorsaker. Nedan visas de fem största förseningsorsakerna under år 2022 för samtliga tåg i Sverige (Tågexperterna, 2023).

Tabell 1, Förseningsorsaker 2022 (statistik.tågexperterna.nu, 2023)

Orsak	Andel
Kapacitetsbrist	39,7 %
Signal	8,3 %
Trafikledning	7,8 %
Trafikoperatör	7,1 %
Spår	5,7 %

De huvudsakliga kostnadsställena som Trafikverket dokumenterar kan delas in i tre huvudområden. Dessa områden är kostnader för persontrafik, godstrafik och underhåll. För persontrafik mäts kostnaderna i förseningsminuter och för godstrafik mäts kostnaderna i förseningar för leveranser och skador på leveranser.

2.9.1 Kostnader relaterade till persontrafik

Kostnaderna som uppstår relaterade till persontrafik definieras av Trafikverket för tre olika parter. För kunder beräknas kostnaderna för de antal förlorade persontimmar som resande utsätts för när tågen antingen försenas eller ställs in (MSB, 2015).

Kostnader uppstår även för operatörer, vilket är järnvägsföretagen som förvaltar tågen, samt tillhörande företag som sköter tillhörande kollektivtrafik, exempelvis ersättningsbussar. Dessa kostnader utgörs mestadels av extrainsatta fordon, övertidstimmar, planering och förmedlingskostnader. En kostnad för operatör är även restidsersättning till kunder som uppstår på grund av förseningar (MSB, 2015).

Den tredje parten som påverkas av förseningar är samhället i sin helhet. Enligt MSB (2015) minskar förtroendet för järnvägstrafiken vid återkommande förseningar och därmed bromsas samhällsutvecklingen på regional nivå (MSB, 2015).

2.9.2 Kostnader relaterade till godstrafik

Kostnader som uppstår relaterad till godstrafik definieras av Trafikverket även här i tre liknande partner. För kunder beräknas kostnader enligt ersättningstransporter, större lagringshållningskostnad för förseningar och kostnad för fördärvade varor (MSB, 2015).

Kostnad som uppstår för operatör och för samhället är lik den kostnad som uppstår i sammanhang för persontrafik enligt avsnitt 2.9.1.

2.9.3 Kostnader relaterade till underhåll

Då förseningar till viss del orsakas av fel i anläggning krävs extrainsatser för underhållet. Fler och längre arbetsskift för underhållspersonal resulterar i en generellt högre belastning och kostnaden för underhållsentreprenören blir större. Detta kan även störa planeringen för framtiden beroende på omfattningen och kan innebära att ytterligare personal behöver sättas in vilket i sin tur leder till ökade kostnader och kan påverka beläggningen under en längre tid.

3 Rapporteringssystem Ofelia

När ett fel uppstår i en driftsatt anläggning som kan påverka tågtrafiken kallas underhållet till platsen för att undersöka och åtgärda felet. Detta arbete kallas för felavhjälpning. Efter felavhjälpningen är slutförd återrapporteras arbetet i programtjänsten Ofelia för de anläggningar som Trafikverket förvaltar. Återrapporteringen beskriver exempelvis om felet är av hög eller låg risk, vilket typ av fel som har framträtt, åtgärd som har utförts, drabbad anläggningsdel (signal, bana, el etc.), och förfluten arbetstid.

Informationen som erhålles ur Ofelia kan sedan användas av analytiker för att planera arbeten för utbyte eller uppgradering av anläggningsdelar genom exempelvis återkommande fel. Informationen används även till statistik och utredningar (Trafikverket, 2021e).

3.1 Rapporterade fel relaterat kabelanläggning

Ofelia-tjänsten ligger bland andra verktyg och tjänster under en särskild säkerhetsklassificering, vilket innebär att handlingar ej får publiceras för allmänheten. Genom kontakter på Sibek är underlag framtaget för att kunna skapa en övergripande bild till de antal fel i kabelanläggningen i Sverige, och närmare bestämt under ett års tid. Majoriteten av dessa 552 rapporterade felen under år 2022 är dokumenterade med beskrivningen av-grävd kabel. Dessa fel kan variera med tiden då det gäller hela Sveriges felrapportering för kablar inom järnväg, och var arbeten utförs samt dess omfattning. Därmed har även en sträcka valts ut ur mängden för att se närmare på sträckorna om felen är återkommande eller uppträdande i systematiskt mönster. Sträckan som har valts ut är bandel 331, närmare bestämt norra delen av Dalabanan, mellan Borlänge – Mora där 20 antal fel rapporterats mellan april 2021 och juli 2022. Samtliga fel av dessa 20 är relaterade till antingen skadad eller av-grävd kabel. Valet av sträcka grundades i var större ombyggnationer nyligen har pågått och hur omtalade dessa är. Hur kostnaden kan estimeras för dessa underlag återkopplas i senare avsnitt.

Vad som inte framgår i Ofelia är de fel som inte rapporteras in, och är inte ovanligt i projekt där arbetet sker under totalavstängning, dvs. när en sträcka eller del av sträcka är avstängd för samtlig tågtrafik. Eftersom större arbeten vanligtvis kräver större eller längre avstängningar, och det då är mindre vikt på rapporteringen av fel, kan ett antagande göras att det förmodligen handlar om fler, eventuellt mycket fler, antal kabelskador relativt till de rapporterade skadorna.

3.2 Tidsåtgång och Kostnader

Kabelanläggningen som finns längs järnvägen i Sverige är mycket blandad i omfattning, och kan skilja sig markant från sträcka till sträcka eller mellan driftplatser. Detta gör att det är svårt att få fram en exakt summa på antal arbetstimmar och projektkostnader som uppstår på grund av skadade kablar i arbeten. Eftersom vissa kablar kan repareras på endast några timmar och andra kan kräva en hel, ibland flera, dagar.

Underlaget som användes till den här delen av felrapporteringen är arbetsrapporter för arbeten där olika typer av kablar har skadats och reparerats, samt arbete som har uppstått på grund av skador för ej driftsatt kabel. Dessa felrapporter är framtagna som exempel, och har valts på måfå. De är alltså inte nödvändigt vis valda på grund av dess omfattning eller allvarlighet.

Att en kabel skadas medför åtgärder som reparation, men även andra arbeten. Exempelvis om en kabel tillhörande en vägskyddsanläggning skadas, kan väg vakt behövas på platsen för vägtrafiken. När reparationen är utförd måste kabeln besiktas, det kan även vara så att kabel är relaterad till olika teknikgrenar och arbetet kan därmed involvera mer arbetspersonal än vad som är planerat. En skada på en liten eller mindre betydlig kabel alltså resultera i stora kostnader, då tiden för åtgärd kanske endast är 6-8h men är ändå relaterad till 5-10st personal.

3.2.1 Felrapport exempel 1, skadad baliskabel

Det första exemplet som togs fram är kabel tillhörande en balis, vilket är en av de huvudsakliga komponenterna för signalsystemet som styr tågens framföring. Kabelskadan bedömdes som ett högriskfel och åtgärden blev att införa en skarv där skadan uppträdde. Arbetet krävde tre tekniker, varav en som agerade elarbetsansvarig. Arbetet tog totalt 20 arbetstimmar. Den totala kostnaden för reparationen beräknas med en hypotetisk timkostnaden för teknikerna som sätts till 1'000kr per arbetad timme. Arbetskostnaden, blir därmed ca. 20'000 plus eventuell materialkostnad för detta arbete. Det är oklart hur tågtrafiken har påverkats, men eftersom det är en skadad kabel tillhörande en balis går det att förutsätta åtminstone stoppkörning i 40 respektive 10 km/h (beroende på vilken hastighet som signalen övervakas i) förbi den tillhörande signalen, om inte det beslutades att helt stänga av trafiken tills det att skadan var åtgärdad.

3.2.2 Felrapport exempel 2, skadad mellankopplingskabel

En mellankopplingskabel är en av flera kablar som går mellan olika objektsutrymmen och är viktiga för styrningen av olika komponenter som samspelar men inte är placerade i samma utrymme. Det betyder då att en skadad mellankopplingskabel kan resultera i att många olika anläggningsdelar drift störs. I det framtagna exemplet för en skadad mellankopplingskabel skedde arbetet under två dagar, då första dagen ägnades åt felsökning och förberedelse av reparation och tog för två tekniker 8 arbetstimmar vardera. Dag två reparerades kabeln och de två teknikerna ägnade ytterligare 8 arbetstimmar vardera, då de även hjälpte med besiktningen. Vem som utförde besiktningen och hur lång tid det tog framgår inte. Tillhörande reparationen tillsattes även en väg vakt i 6 arbetstimmar. Bortsett från besiktningen ägnades ändå 32 arbetstimmar av tekniker för att lokalisera och sedan reparera fel. Med en återigen hypotetiskt uppskattad tidskostnad på 1'000kr per timme för dessa tekniker och vägvakten hamnar summan på 38'000kr, samt kostnaden för besiktningsman, material och eventuella tågförseningar.

3.2.3 Felrapport exempel 3, gammal kabel

Detta exempel tar upp två felrapporter där kabel som hade skadats konstaterades vara gammal och ej driftsatt. I det ena fallet tog felsökningen 5 arbetstimmar för en tekniker, och i det andra fallet tog det 6,5 arbetstimmar för två tekniker (alltså 13 arbetstimmar totalt). Det visar att även gammal kabel i marken som ej längre är i drift fortfarande kan orsaka felsökningar och därmed onödig tidsåtgång och kostnad. Även om kabeln ej är i drift behövs det ägnas arbetstid åt att konstatera det faktumet. Ett sådant fel kan även bromsa arbetet tills det att felsökningen är slutförd, och resultatet blir försening i projekten. Den totala kostnaden i dessa två fall, med en hypotetisk kostnad på 1'000 kr per arbetstimme, är 5'000 respektive 13'000kr.

4 Intervjustudie

4.1 Bakgrund

Intervjustudien pågick under april månad 2023 och hölls via Microsoft Teams, med ett undantag. Några intervjuer gjordes på plats då det inte involverade en längre resa. För att genomföra intervjuerna kontaktades respondenterna i mars-april för att planera datum och tidpunkt för intervjun. Denna kontakt uppföljdes via e-mail med en tidsplanering och ett utskick med de frågor som var tänkta att agera som utgångspunkter i intervjuerna (se Bilaga 2 & Bilaga 3). Intervjustudien bygger på intervjuer med både entreprenör- och beställarroller, därav användes olika frågeformulär beroende på den relevanta befattningen. De respondenter som intervjuades i arbetet redovisas i Tabell 2 & Tabell 3. Respondenternas tidigare erfarenheter och arbetsroller redovisar mer utförligt i Bilaga 4, samt Bilaga 5. Intervjuerna tog ca. 30–60 minuter och endast de som har beviljat att bli refererade till nämns vid namn i examensarbetet. Resterande är benämnda som ”Anonym, X”

Tabell 2, Respondenter med beställarbakgrund

Respondent	Företag	Arbetsroll	Arbetsområde
Fredrik Karlsson	Trafikverket	Projektledare	Signal, underhåll
Jan-Erik Norgren	Trafikverket	Projektledare	Bana, investering
Johan Nordgren	Trafikverket	Projektledare	Bana, investering
Per-Erik Cannert	Cannert Järnvägs konsult AB	Byggledare, Besiktningsman	Signal, investering
Peter Björklund	Trafikverket	Projektledare	Signal, investering
Thomas Svensson	Strukton Rail AB	Projektledare, Besiktningsman	Signal, investering

Tabell 3, Respondenter med entreprenadbakgrund

Respondent	Företag	Arbetsroll	Arbetsområde
Andreas Wenngren	Anwe Entreprenad AB	Arbetsledare, Projektledare	Signal, investering
Anonym, A	Energibolag, mitt-Sverige	Drifttekniker	El & vatten, underhåll
Dennis Svensson	Strukton Rail AB	Tekniker, Arbetsledare	Signal, underhåll
Håkan Lång	Infranord AB	Tekniker	Signal & tele, underhåll
Ola Hedlund	Strukton Rail AB	Byggplatsuppföljare, Projektingenjör	Elkraft, investering

4.2 Intervjuer med beställare

Många av intervjuerna med beställare är relaterade till Trafikverket, och i det fallet beställaren inte är från Trafikverket är personen i fråga ofta konsult och inhyrd till Trafikverket under projektets gång som projektledare. Detta är för Trafikverket förvaltar i princip all järnväg, bortsett från vissa områden som exempelvis industrispår och spårväg.

4.2.1 Uppfattning om resultat av grävarbeten

Då det är beställarens uppgift att leverera ett färdigt projekt till förvaltaren inleds studien med att ta reda på beställarnas uppfattning om hur ofta projekt involverar någon form av grävarbete i närheten av kablar, samt deras uppfattning om arbeten utförs med eller utan problem. Det vill säga hur ofta dem anser att det förekommer kabelskador, vad orsaken till dessa skador antas vara, samt om det finns systematiska problem som är återkommande i vissa scenarier. Vad som framgick i alla intervjuer med beställare var att det i stort sett alltid, i ca. 90% av projekt, förekommer grävarbeten i närheten av kabelanläggningen.

I större projekt utförs vanligtvis förarbete med den befintliga kabelanläggningen. Bland annat involverar förarbetet en kabelutsättning. En annan metod kallad kabelsänkning används ibland i arbeten som spårbyte, då kabeln sänks ner ytterligare i marken eftersom arbetet kommer ske i banunderbyggnaden där kabel normalt är förlagd. I vissa projekt görs provgropar, vilket innebär att med jämna mellanrum på sträckan grävs gropar i banan ner till kabelnivå, erhålles information om vilket djup kabel är förlagd på längs sträckan. Därmed kan antaganden göras om kabeln är förlagd på samma djup och sidoavstånd relaterat till spåret längs hela sträcken. Alla dessa metoder utförs för att ta reda på var kabel befinner sig och för att förhindra kabelskador under grävarbeten. Det ska dokumenteras i kontrakthandlingarna vilka åtgärder som förväntas göras med den befintliga kabeln på order av ledningsägaren.

Stora arbeten som växelläggningar och spårupprustning så har vi [projektet] normalt ett förarbete med kabelsänkning som ingår i kontrakt eller så ropar vi av Reilvac [Railcare Group] via ramavtal och då säkerställer vi sug-metoden [användandet av Railvac vakuumsug]. Det är vanligare i mindre uppdrag att vi har entreprenörer som gräver och då får vi många av-grävda kablar.

Projektledare, beställare

De vanliga problemen som i studien uppfattas uppstå är att markeringen gäller den befintliga kabeln, och det händer i vissa fall att äldre kabel som inte är i drift ligger kvar i marken och skapar problem eftersom de är odokumenterade. Ett annat vanligt bekymmer är att kabelanvisning eller kabelutsättning är utförd, men att kabel inte ligger exakt där markeringen är gjord. Detta kan bero på olika orsaker men vad som framgår vara den vanligaste orsaken är att kabel är förlagd på oregelbundet djup och sidoavstånd, så entreprenör som utför utsättningen behöver kontrollera varje spårmeter om utsättningen ska göras felfritt. Detta är inte realistiskt då många arbeten handlar om tiotals kilometerlånga sträckor.

Dels så har vi inte riktigt koll på den kabel vi har i marken inom vår järnvägsanläggning. Och har vi koll på den har vi oftast en tidspressad tid i spåret, vilket gör att entreprenören mer eller mindre forcerar [arbetet]. Den tänkta försiktiga grävningen blir inte försiktig utan man gräver och hoppas på det bästa. Lite så, det är min känsla.

Projektledare, beställare

Tidspress för arbeten gör att försiktigheten ibland brister och kan ligga som orsak till att kabelskador uppstår. Med bättre förutsättningar som anläggningsdokumentation och väl planerade arbetstillfällen uppfattas potentiella risker med grävarbeten kunna minska.

4.2.2 Dokumentation av gamla och nya kablar

Det är ett återkommande problem som talas om i intervjustudien, att just den kabel som inte längre är driftsatt är underliggande i många fall då kabel skadas eller grävs av. Detta på grund av att den är mycket svårare att lokalisera med kabelsökutrustning och därmed försvåras arbetet med kabelutsättning. För att motverka bekymret hade det varit gynnsamt om dokumentation för kablar introduceras som en ny dokumentationshandling. Denna dokumentation bör med fördel utformas i form av digitala inläsningsfiler som entreprenörer och beställare kan begära ut som underlag och ta del av inför grävarbeten. Dessa inläsningsfiler behöver dokumentera förläggningsdjupet, avståndet från spåret, typ av kabel och vilken sida om spåret kabel är förlagd på, sådant att arbetet kan underlättas i möjligaste mån. Metoden för att skapa dessa typer av inläsningsfiler är inget som hör till generella metoder i dagsläget men nämns i intervjustudien vara något som exempelvis företaget Railcare kan ta fram med deras maskin benämnd Railvac. Dessa filer som tas fram hör inte till en officiell handling och återfinns därmed inte i anläggningen efter projektet avslutas. När arbeten med förläggning av ny kabel på en sträcka utförs bör detta dokumenteras, samt även den befintliga kabeln om sådan påträffas.

[Tror du det hade varit gynnsamt med ytterligare dokumentation av kablar?]

Solklart. Som det är nu har du en kabelbok som du ser ett ungefärligt djup i, men egentligen är det en person som mer eller mindre står och tittar efter kabel [under grävarbetet] och då är det för sent. Någon form av system som vet exakt var kabeln ligger i stället för en lista i handen skulle varit överlägset.

Projektledare, beställare

Det skulle det vara. Ganska mycket dokumentation tror jag finns men används inte alltid. [...] Signal är nog den delen som har mest brister i dokumentationen.

Projektledare, beställare

Det hade varit bra med inläsningsfiler eller geografiska ritningar. Det borde finnas krav på inmätning av kablar [i projekt], och krav på att förlägga kabel enligt föreskrifter.

Projektledare, beställare

Ett ytterligare bekymmer med oredovisad kabel som tas upp är upphandlingen av underhållsentreprenörer på de olika områdena i Sverige. Eftersom områden kan upphandlas av olika entreprenörer efter kontrakt löper ut så försvåras lokaliseringen av kablar då det är personalen som har arbetat platsen längst som har störst erfarenhet av var det kabel är förlagd i marken. Hade dokumentation ingått i anläggningshandlingarna hade det inte varit ett bekymmer med att byta underhållsentreprenör. Detta är även något som är viktig för att förutsättningar för alla entreprenörer som lämnar anbud på ett underhållskontrakt ska vara lika. Har en viss entreprenör en bättre kännedom om vad som ligger i marken är det att föredra denna entreprenör som ”vinnare” av underhållskontraktet.

4.2.3 Kommunikation och ansvar vid påträffade kabelskador

När en kabel skadas i ett arbete uppstår en kostnad för felavhjälpning, reparation, tågförseningar och/eller liknande. Denna kostnad hamnar i de flesta fallen antingen hos entreprenören som utför grävarbetet eller hos beställaren som förser entreprenören med förutsättningar till att utföra grävarbetet. I intervjustudien skiljer sig svaren mellan beställarna som har intervjuats; vissa tycker att det framgår ganska tydligt vem som är ansvarsskyldig, och andra anser att det är ett återkommande problem med diskussioner om vilken aktör som bär ansvaret vid påträffade kabelskador.

[Brukar det finnas oklarhet kring vem som är ansvarig när en kabelskada påträffas?]

Ja, ständigt. Vi på Trafikverkets sida hävdar att de [entreprenören] inte följt föreskrifterna som beskriver försiktig grävning och entreprenören säger oftast att de inte visste om att det fanns en kabel här, det är alltså en oredovisad kabel, alltså kan de inte ta hänsyn till den. Det innebär att vi hamnar i en diskussionsfråga om vem som bär ansvaret, och är det då en oredovisad kabel så har inte entreprenören fått rätt förutsättningar och då hamnar ansvaret hos Trafikverket [beställaren]. Annars kan det bli lite diskussioner om vad som är och inte är försiktig grävning. Ofta hamnar vi i ekonomiska diskussioner om det med entreprenören.

Projektledare, beställare

Man vet vilka projekt som är ute och har tider i spåret, då får man titta där naturligtvis. Är det ett projekt som har varit ute på delsträckan så är det högst sannolikt att det är den entreprenören som har orsakat felet. Det här framgår ganska bra i Trafikverkets system Ofelia, där de skriver i fritext om vad som har hänt och trolig orsak. Det beskrivs ganska bra och detaljerat vad som har hänt.

Byggledare, beställare

Har entreprenören begärt kabelanvisning och entreprenören har fått informationen så blir det inget tjafs. Det har hänt att entreprenören har fått kabelanvisning och sedan grävt av kabel ändå, men det är sällan, inga större problem.

Projektledare, beställare

I de fallen det anses vara ett problem med kommunikationen antyder beställaren att entreprenören har ett bristande ansvar, att de inte förstått uppdraget och vad det innebär. Beställaren hävdar att upphandlingen har tydliga instruktioner för hur arbete ska genomföras. Frågor kring arbetsvillkoren kommer endast fram efter kontraktet är skrivet och inte under anbudstiden. Samtidigt hävdar entreprenören att kabelutsättningen inte var utförd korrekt vilket ska ha varit orsaken till att händelser med kabelskador påträffas.

Vad som skiljer de olika svaren åt är inte självklart i studien, men det kan bero på att situationerna uppstår i olika typer av projekt eller olika delar av landet med olika inhyrda entreprenörer och konsulter som utför arbeten på olika sätt.

4.2.4 Ekonomisk påverkan för projekt

Så fort en kabel skadas uppstår någon form av kostnad. Kostnaderna är väldigt varierande med olika faktorer men själva reparationsarbetet ligger på ca. 10–30 tkr för en mindre kabel, och för större och mer komplexa kablar kan kostnaden gå upp emot 100 tkr. Den största kostnaden är, även om ovanligt, alltid förseningar i tågtrafiken när de är närvarande. De flesta i intervjustudien håller med om att trafikeringsförseningar är i grund för de största kostnaderna, och ökar exponentiellt för varje tåg som blir försenat med tanke på de följd effekter som kommer med att tåg försenas. Kostnaden kan gå upp emot miljonbelopp om det är allvarliga fel eller om felen drabbar viktiga sträckor som stambanor eller sträckor med hög trafiktäthet. Beloppet för tågstörningar varierar men ett exempel som togs upp i intervjustudien nämnde en beräkningsmodell som används i ett projekt och beräknar kostnaden för 10-minuters perioder om kostnad på 15 tkr per påbörjad period, vilket gäller för samtliga tåg som upplever störningen. Men det är inte alltid förekommande att felen som påträffas är så pass grova, utan de vanligaste kostnaderna är centrerade kring felavhjälpning och reparation.

Ett exempel på beräkningsmodell som visar en uppskattad kostnad för tåg förseningar kan göras genom att anta 12 h arbetstid för varje kabelskada, eftersom de rapporterna hämtade från Ofelia visar mellan 8–16 h arbete för olika typer av kabelskador, och att varje timme trafikeras 6 tåg på sträckan (ett tåg var 10e minut). Då tåg blir försenade mellan 1–9 minuter, det vill säga en 10-minuters period per tåg, och det dokumenteras 552 kabelskador på ett år, blir den slutliga summan för tåg störningar ca. 569 mkr. Detta är en mycket stor kostnad som går att förminska med de föreslagna förbättringarna som att en ny handling för kabelläge införs.

Själva reparationskostnaden, vi säger om man tar [och skadar] en linjekabel så blir det några timmar där, och du har ju snart en 10 tkr bara i reparationen. Sen säg att du har du tåg störningar, då får man räkna hur många tåg det är [som påverkas] så kan det ganska lätt komma upp i, sammantaget med vite, tåg förseningar och kostnader, mellan ”tummen och pek fingret” 100 tkr. Sen kan det vara väldigt stort spann på det, men där är du ju snart om du tar en [kabel] där det är mycket trafik.

Projektledare, beställare

För en [skada på en] linjekabel, eller också kallat telekabel, ligger det ofta på ca 100 tkr. Gör man fel mer än en gång så kan det medföra dåligt rykte [för projektet] och i värsta fall stoppas projektet. Då är kostnaderna enorma. Det är nödvändigt att det görs korrekt. Om det [projektet] stoppas uppgår det till miljonbelopp.

Projektledare, beställare

Kostnaden som uppstår vid kabelskada hamnar inte alltid på samma aktör, dvs. entreprenören och beställaren står för kostnaden i olika scenarion, beroende på vad som har hänt och hur arbetet har gått till. I och med att en oredovisad kabel inte är något som entreprenören kan ta hänsyn till, brukar kostnaden i det fallet hamna på beställaren. Går det att bevisa att entreprenören har fått rätt förutsättningar men kabelskador påträffas ändå, är det entreprenören som får stå för kostnaden.

Om vi nu har gjort en kabelutsättning och inte hittat kabel och de [entreprenören] har fått den här förutsättningen, sen gräver de av en kabel som visar sig vara just oredovisad. Den finns alltså inte med i kabelutsättningen men likväl så påträffas den i marken, då är den oredovisad och entreprenören ska således ersättas. För mig, inom Trafikverket investering, är den också oredovisad, jag vet inte heller att den finns där, och vill därmed skjuta den kostnaden internt mot Trafikverket underhåll i och med att det är dem som bör veta var det finns kablar då det är deras anläggning.

Projektledare, beställare

Bekymret med skador på oredovisad kabel, talas ofta om i studien och är en kostnad för beställaren i projekt som går under förvaltaren, Trafikverket. Eftersom kabeln inte går att märka ut är det svårt att lägga den kostnaden hos entreprenören, men projektet som har beställt arbetet har ingen möjlighet att gardera sig mot en sådan kostnad då omständigheterna är lika för de båda aktörerna. Det är alltså ett ansvar som bör läggas på förvaltaren och innebär att kostnaden bör hanteras annorlunda internt inom Trafikverket. Genom att införa ytterligare dokumentation för kablar som förläggas och i samband dokumentera de kablar som är oredovisade skulle arbetet med kabelutsättning göras enklare att genomföra, och därmed minska kostnaderna för samtliga aktörer.

4.2.5 Ytterligare krav och avtal

För ett arbete med grävning i närheten av kabel finns det särskilda föreskrifter om försiktig grävning som ska följas. Följs inte dessa föreskrifter så ökar risken att kabelskador uppstår i arbetet. Med bristande tider i spåret och korta avstängningar för arbete, ökar risken till att arbete påskyndas så pass att

försiktigheten minskar. Uppstår då en skada tar arbetet längre tid än planerat och kan då även inkräkta på den tid som är planerad för trafikering. Eftersom vissa projekt upphandlas med fast pris är det inte önskvärt för entreprenören att i de fallen ta längre tid på sig än nödvändigt för att slutföra en arbetsuppgift. Beställare i denna studie antyder att det behövs ytterligare krav på entreprenören om hur korrekt arbetet ska utföras, men det påpekas också vara mycket svårt att genomföra i praktiken.

Det är bättre med totalavstängningar än att jobba kortare tid mellan tåg, alltså bättre med lite längre stopp. Varje gång man lämnar tillbaka en tid i spåret finns det en risk, så färre tider men längre är bättre som idé.

Projektledare, beställare

I stället föreslås det att krav införs i utförandet av kabelutsättningen genom noggrannare dokumentering av kabelutsättning sådant att beställaren kan försäkra sig att entreprenören utför arbetet korrekt, och skydda sig mot kostnad för kabelskador i de fall det påträffas. Det framgår även i intervjuerna att olika företag står för kabelutsättningen, och har oftast att göra med att kablar tillhör olika anläggningsdelar. De kabelfirmor som inriktar sig till kabelhantering används ibland och uppfattas vara överlägset bäst på att lokalisera kablar och det är därmed rimligt att använda sig av dessa företag oftare.

Något som jag vill ta del utav som beställare hade varit någon form utav dokumentation för den kabelanvisning som är utförd. [...] Det hade varit gynnsamt för både mig och entreprenören, för den kan bevisa vare sig det var utsatt eller inte.

Projektledare, beställare

Då ytterligare dokumentation om utsättningen tas fram kan kravet även läggas på entreprenören att redovisa underlaget innan grävarbetet påbörjas. På så sätt är det möjligt att undvika onödiga tvister och diskussioner huruvida förutsättningarna för grävarbetet var.

Svetsare eller signaltekniker till exempel, ska vara godkända med en skrivning att de har kompetens för det arbetet de ska utföra. Inget arbete får föras om inte en behörig person har gett sitt godkännande. [...] Samma med kablar när vi har sådana bekymmer, det behöver inte vara en kurs på flera år men ett par dagar eller liknande så att du får ett intyg att du är godkänd att se till att kabelskarvningen eller kabelgrävningen sköts enligt korrekta anvisningar.

Projektledare, beställare

Med en utbildning som instruerar hanteringen av kablar kan personal certifieras med den kompetens som är nödvändig för att övervaka grävarbeten sådant att de sker på säkert och korrekt vis. Projekten som sedan upphandlas kan innefatta krav för vilken kompetens som personal ska vara utbildad med och säkerställer då för beställaren en kontrollerad och övervakad miljö för arbetet.

4.3 Intervjuer med entreprenörer

Respondenterna med bakgrund som entreprenör eftersöktes från olika områden i landet med olika arbetsområden för att få en bredare insyn om hur arbetet går till under olika förutsättningar. De flesta som kontaktades har en bakgrund inom signal, eftersom den kabel som påverkar trafiken mest ofta är den inom signal.

4.3.1 Utförandet i praktiken

Arbetet börjar alltid med ett ärende hos Ledningskollen för att anmäla området som grävarbetet ska utföras inom, så kabelutsättning kan göras om det finns kablar i marken på platsen. Ärendet går genom Trafikverket och hamnar i vanligaste fall hos underhållsentreprenören som har underhållskontraktet för området. Beroende på om arbetet ska ske på linje eller på driftplats används olika metoder. Det har även att göra med vilken typ av kabel som eftersöks. Själva kabelutsättningen utförs med sprayfärg eller med käppar som markerar markytan där den befintliga kabeln är förlagd.

Vi får det skickat från Trafikverket att vi ska åka till en viss plats och då kontaktar vi en person, oftast arbetsledaren som har hand om det projektet som ska utföra grävarbetet senare, för att kommunicera om hur utsättningen är tänkt eller önskat att utföras. Det svåra är att märka ut exakt var kablar ligger längs järnvägen, för att du kan få utslag från räls eller kontaktledning i sökandet som stör sökningen. Man får använda sin signaltekniska kunskap för att veta var det bör ligga kablar. Men framför allt så ligger det väldigt mycket gammal kabel i marken.

Signaltekniker, entreprenör

Likt intervjuerna som hölls med beställare, uppger även entreprenörerna att det är ett stort problem med de gamla, och oredovisade kablar som finns i marken längs järnvägen. Det visar också från entreprenörens perspektiv att arbetet med kabelutsättning inte är så lätt att utföra med den utrustningen som finns att tillgå. Att gräva upp den gamla kabeln är inte relevant, då det blir stora miljökonsekvenser eftersom skadliga ämnen släpps när gammal kabel hanteras. Den ekonomiska anledningen till att de gamla kablarna får ligga kvar

beror dels på arbetet som krävs för att få upp de kilometerlånga kablarna, och det banstabiliserade arbetet som är nödvändigt efter ett sådant arbete som påverkar banvallens integritet.

Problematiken där är att det finns mycket gammal kabel kvar i mark framför allt på driftplatser, där de gamla kablarna ersätts med nya och de gamla kablarna har fått ligga kvar. Man kan förstå att man gör så, för att gräva upp gammal kabel, framför allt i mindre projekt, blir en väldigt stor ekonomisk påverkan och miljöpåverkan. [...] Följdproblem är då att det finns gamla kablar som inte är riktigt dokumenterade och så gräver man av dem eller hittar dem, som vi då benämner som oidentifierbara, och då vill man skjuta av dem för säkerhetsskull för att se om de är i drift, och är den i drift så blir det konsekvenser i form av driftstörningar. Beroende på vad det är för kabel som grävs av så är störningarna olika i omfattning. Men det behöver inte vara en stor kabel för att det ska bli en stor störning.

Projektingenjör, entreprenör

Det framgår från de entreprenörer som ägnar sig åt kabelutsättning att det är ett svårt arbete för någon som inte är erfaren med instrumenten, och det kan ta tid att leverera ett bra resultat; tid som inte alltid finns att tillgå. Tidsbristen i spåret gör att det blir svårt att leverera en optimal utsättning.

Allting är även en kostnadsfråga från Trafikverket som kan ha åsikter om jobb tar lite för lång tid och så... Vi har ju inte obegränsat med tid att lägga ner på en kabelanvisning, man skulle kunna grotta ner sig och göra det riktigt "by the book" men då skulle det ta fyra gånger så lång tid.

Kabeltekniker, entreprenör

Med tidsbrist och varierande utförandekvalité uppstår ett dilemma. Längre tider i spåret skapar högre kostnader på grund av påverkad tågtrafik, men bristande kvalité skapar högre kostnader med felavhjälpning. Frågan ställs; hur kan kvalitén på arbetet förbättras utan att det påverkar avstängningstiderna? Entreprenörerna uppmanar eller instämmer till förslaget till att öka dokumentationen för kabelanläggningen. Inte endast för att underlätta arbetet med kabelutsättning, men även för att generella arbeten med kablar, som planering för var ny kabel ska förläggas eller hanteringen av skarvar, ska vara smidigare att utföra.

4.3.2 Metoder och utrustning

En alternativ metod som talades om var användandet av markradar, som används oftare för kabelanläggningar inom väg och samhälle. Denna metod ska vara mycket effektivt för att lokalisera kablar, även de som ej är i drift, men uppfattas vara svår att tillämpa i järnvägsmiljö. Eftersom det finns högspänningsledningar i överbyggnaden och vissa kablar i underbyggnaden är utformade med metallhölje, störs utrustningen i sökandet. Kablar är även jordade i anläggningens S-räl (sammanhängande räls för jordning och återgångsströmmar) vilket gör att det bildas ett starkt induktionsfält som stör utrustningen. Problemet uppfattades inte finnas för entreprenör som arbetar inom annat infrastrukturområde än den för järnväg.

Det finns olika metoder att använda för kabelsökning och vissa kan man utesluta beroende på vad det är för typ av område eller kabel som utsättningen ska göras för. [...] Metoderna som vi använder är bra, de enda förbättringarna jag skulle kunna se är att man har med sig en GPS för inmätning av kabel, för då kan man succesivt lägga in det i ett dataprogram som en spår-karta eller liknande, så finns det för framtida utsättningar.

Kabeltekniker, entreprenör

När kabel har lokaliserats så markeras markytan, och något som har blivit sämre med åren är kvalitén på markeringen, åtminstone inom väg- och trafik. Det är en stor skillnad i hanteringen av exempelvis en elkabel och en optikkabel, som har markerats på olika sätt för att informera gräventreprenören vad för typ av kabel som ska beaktas i grävandet.

Ibland kommer de ut och de missar [kabelutsättningen] och då gräver vi av kabel. Det händer relativt ofta kan jag säga. Kanske inte gräver av den helt men vi skadar den. Så fort man kommer åt en kabel ska man anmäla det direkt. En sak jag har lagt märke till när de kommer och sprayar, tidigare år har de haft olika färger för specifika kablar, och det har börjats tumma på nu. Om det är rent slarv eller om de har missats vet jag inte, men de ska vara olika färg för olika typer av kablar.

Drifttekniker, entreprenör

I intervjuerna med entreprenörerna är svaren aningen varierande och mer eller mindre utförliga. Det uppfattas som att vissa har mer erfarenhet än andra om arbetet och användandet av utrustningen. Det fungerar alltså mer och mindre bra på olika ställen, likt den uppfattningen som gavs i intervjuer med beställare.

4.3.3 Dokumentation av gamla och nya kablar

Som beställarna, nämner även entreprenörerna i intervjustudien, att det är många gamla kablar längs spåret om inte är dokumenterad och ställer till med problem. Med den utrustning som finns att tillgå är den ej driftsatta kabeln svår att lokalisera. Det nämns att dokumentationen inte behöver vara överväldigande, så länge det finns ritningar eller koordinater som pekar ut kabelns plats och djup. Detta skulle underlätta arbetet med kabelsökandet och högst troligen minska antalet kabelskador. Återigen påpekas det att signal är det området som är mest bristande och högst eftertraktat.

Det händer ganska ofta att man påträffar gammal stålomspunnen papp-kabel, det ligger lite här och där. Det har jag varit med om många gånger att de blir av grävda. [...] Det hade inte skadat med mer dokumentation eller inläsningsfiler. Det minskar risken för att kablar skadas. Signal har bara ritningar för vilka objekt som kabel går mellan.

Arbetsledare, entreprenör

Ämnet diskuteras inte mer utförligt än att problemet existerar och en lösning är välkommen, men även något som entreprenörerna har lärt sig arbeta runt i bästa möjligaste mån. Detta är en väntad reaktion, för vad som nämndes tidigare är att beställaren oftast är den aktör som får stå för kostnaden när förutsättningarna är bristande. Det finns därmed ingen anledning för entreprenörer att lyfta problemet till den höjd som behövs för att insinuera en förändring då de inte drabbas av problemet ekonomiskt lika kraftigt.

4.3.4 Kommunikation och ansvar vid påträffade kabelskador

För de entreprenörer som är med i grävarbeten framgår inget direkt sammanhang kring vilken aktör som oftast bär ansvaret för en skada. Orsaken till skador kan bero på olika faktorer, exempelvis grävmaskinisten, arbetsledare eller förutsättningarna, men vanligaste orsaken sägs vara kabelutsättningen. Antingen om kabelutsättningen är felaktigt utförd, missad eller inte utförd alls för vissa eller alla kablar.

Har entreprenören inte fått information om att det ligger mycket kabel i marken då är det egentligen projektet som gör fel, eller vad man ska säga.

Har entreprenören grävt utan kabelutsättning blir det deras fel såklart.

Handlar mycket om man får rätt underlag.

Arbetsledare, entreprenör

När en skada påträffas går en anmälan genom Ofelia till Trafikverket för utredning. Undantag kan finnas om exempelvis arbetet sker under totalavstängning för trafiken vid påträffande av fel. Ärendet sköts sedan internt och det är sällan entreprenören, som utför kabelutsättningen, får ta del av ärendet. Oftast går det genom arbetsledaren som blir återkopplad, i det fall det blir återkommande problem med kabelskador.

Vi har gjort upp en kabelhanteringsrutin i detta projekt som är lite större. Rutinen är då att om man är ute och stöter på kabel så ska dem ta foto på kablarna och eventuell skada som har skett, och notera kilometertal. Sen skickar dem fotona och information till mig så lägger jag upp ett ärende för det. Då kollar jag vad det är för typ av kabel, tele, el, signal och lägger upp i ärendedokument som skickas till den teknikgrenen som får åka ut och reparera så fyller vi i vad vi har gjort för reparation sen stänger jag ärendet och meddelar att det är klart. Det funkar och sköts bra i detta projekt.

Projektingenjör, entreprenör

Det framgår att en metod som dokumenterar kabelutsättningen inte tillhör generella krav i projekt och bör införas, men används ändå i vissa projekt. Genom dokumentering av utsättningen finns det en tydlig handling som beskriver förutsättningarna som gräventreprenören tillhandhar var tillräckliga för att utföra arbete utan kabelskador.

5 Resultat

I den här delen av rapporten analyseras litteraturstudien och intervjustudien i förhållande till frågeställningarna som rapporten är för att besvara.

5.1 Frågeställning kabelutsättning

5.1.1 Hur ofta uppstår det fel på grund av bristande kabelutsättning?

Studierna har visat att skador uppstår på grund av bristande kabelutsättning, men också att arbetet med kabelutsättningen inte alltid är den underliggande orsaken till skadorna. Andra faktorer, såsom problem med att detektera ”ej driftsatta” kablar, samt att generell dokumentationen för kablar är bristfällig. Dessa faktorer är ofta roten i problemet jämfört med arbetet med kabelutsättning. Det betyder inte att kabelutsättningen alltid är anledningen till att kabelskador uppstår, då det händer att entreprenören som utför grävarbetet slarvar eller försöker skynda på arbetet sådant att försiktigheten är bristande.

Den bristfälliga dokumenteringen av kabelutsättningen är också en bidragande orsak till att kablar skadas vid grävningar. Det finns idag inget erkänt system eller metod som används för att dokumentera hur kabelutsättningen har genomförts, därmed kan entreprenören hävda att kabelutsättning inte var utförd vid platsen för grävarbetet. Ett möjligt tillvägagångssätt för att motverka detta problem kan vara att utförandet av utsättningen dokumenteras samt redovisas för beställare av gräventreprenör innan ett arbete påbörjas. På så sätt motverkas eventuella konflikter som kan uppstå i diskussion om platsen var utsatt för kabel eller inte när en kabelskada påträffas.

Antalen fel som uppstår varierar något beroende på omfattningen och omständigheterna kring ett projekt. Detta innebär att större projekt och projekt i större anläggningar är mer benägna för potentiella kabelskador. Det är svårt att estimerar en exakt siffra på hur ofta skador på kablar förekommer i samband med grävningar, däremot framkommer det från intervjustudien att en 10% andel av arbeten antas vara tagen i underkant utifrån respondenternas egna uppskattningar. Respondenternas erfarenhet från deras egna projekt är att kabelskador uppstår uppskattningsvis mellan 1–10 gånger varje vecka. De faktorer som verkar påverka frekvensen av skador mest är erfarenhet hos entreprenörer, antalet maskiner som är aktiva i projekt, hur stor mängd mark som hanteras och antalet kablar som finns i marken där grävarbete ska utföras.

5.1.2 Finns det tydliga brister i metoderna som används eller i utförandet av kabelutsättningen?

Utrustning och metoder som används i kabelutsättning varierar, vilket innebär att kabelutsättningen utförs på olika sätt och med olika instrument beroende på omgivningen kring kablarna och kabeltypen som eftersöks. En högteknologisk utrustning kan upplevas som svårhanterlig för en oerfaren entreprenör, däremot upplevs den som väldigt effektiv för en erfaren entreprenör som kan behärska en sådan utrustning. Därmed framgår det att utrustning och metoder som används är tillräckliga i utförandet av kabelutsättning, förutsatt att arbete utförs av personal som har erfarenhet med utrustningen och metoderna. Även om utrustningen och metoderna är tillräckliga, är det fortfarande möjligt att underlätta och förenkla arbetet med kabelutsättning om arbetet kan utföras med bättre förutsättningar. Dessa förutsättningar är exempelvis utökad dokumentation och ytterligare hantering av kablar som inte längre är driftsatta, men fortfarande finns kvar i marken.

Bortsett från förbättringar som kan göras inom kabelutsättning, kan det göras förbättringar inom grävarbetet som kabelutsättningen är underlag för. Enligt respondenter med beställarbakgrund finns det ett intresse av att införa en ny sorts certifiering av personal som ger kompetens att övervaka arbete med kablar. Arbetsbeskrivning för denna profession skulle vara att övervaka grävarbetet, sådant att krav om försiktig grävning följs, och att kabelutsättningens läge är kontrollerat där arbetet ska utföras. Då grävarbetet övervakas av certifierad personal försäkras beställaren att behörig personal befinner sig på platsen som ansvarar för att kraven uppfylls.

5.1.3 Går det att förbättra de metoder som används eller bör man ta fram nya metoder för kabelutsättning?

Som nämnt i avsnitt 5.1.2 finns det utrustning att tillgå som är nödvändig för arbetet med kabelutsättning, och kan förbättras med införandet av ytterligare dokumentation om kabelanläggningen. Andra områden som hör till kabelutsättning är lokalisering av skarvar som finns på kablar som tidigare har skadats. Det är möjligt med instrument att mäta sig till skarvar om fel har uppstått i kabeln men fungerar inte alltid med önskvärt resultat. Vad som påverkar resultatet är de övriga spänningssatta anläggningsdelarna, exempelvis kontaktledningen, högspänningsskablar och rälsen som återgångsströmmar passerar genom. Dessa anläggningsdelar stör utrustningen som används vid kabelutsättning, då instrumenten är känsliga för de magnetfält och induktionsfält som bildas kring infrastrukturen. Genom att

använda sig av nya metoder för att lokalisera skarvar kan arbetet med reparation av skadad skarv förenklas, då skarvarna är dokumenterade och behöver inte eftersökas med de traditionella instrumenten. Ett exempel på utrustning som kan underlätta är den tidigare nämnda ”sökollen” som används inom andra infrastrukturområden. Denna fungerar som en sändare och kan placeras intill skarven, så skarvens exakta läge kan hittas enkelt. I samband med utökad dokumentation som innefattar skarvar kan arbetet förenklas och effektiviseras. Om denna typ av utrustning kan tillämpas i järnvägsanläggningar är inte helt utrett. Det beror på om ”sökollen” påverkas av eventuella störningar som den övriga infrastrukturen orsakar.

5.1.4 Hur stor är kostnaderna som uppstår när befintlig kabel skadas?

Kostnaderna varierar med de största faktorerna som tågstörningar och typ av kabelskada. Tågstörningarna är mer allvarliga på sträckor som är del av viktiga förbindelser eller sträckor med hög trafiktäthet. Skador på större kablar tar längre tid att reparera och vissa kablar påverkar större del av anläggningen än andra. En kabelskada kan också bidra till kostanden beroende på hur stor skadan är. Exempelvis kan flera meter av kabeln vara skadad, vilket innebär att en ny bit av kabeln måste tillsättas med en skarv i varje ände. Reparations- och felavhjälpningstiden varierar beroende på vilken typ av kabel som har skadas och ligger mellan 10 – 100 tkr, eftersom vissa kablar är mer komplicerade att reparera än andra. Dessa kostnader beror främst på materialkostnader och arbetstiderna som följer vid reparation. Skulle det dessutom innebära reparationer som bidrar till större tågstörningar kan kostnaden mångdubblas, och kan uppgå till miljonbelopp om det gäller vid längre tågstopp eller att reparation måste ske på sträckor som är extra känsliga, exempelvis stambanor eller andra sträckor där det är hög trafiktäthet. Enligt beräkningsmodell i avsnitt 4.2.4 uppskattas förseningskostnaden uppgå uppemot 569 mkr under år 2022. Denna beräkningsmodell tar endast hänsyn till de rapporterade kabelskadorna och tar inte hänsyn till de kabelskador som inte har rapporterats in. Modellen tar heller inte hänsyn till övriga kostnader såsom följd effekter av förseningar som kan uppstå i trafiken på intilliggande sträckor.

Tidigare nämndes det i avsnitt 3 om rapporteringssystemet Ofelia där antalet skador med kabel som påträffas dokumenteras. Vad som är viktigt att notera är att alla kabelskador inte dokumenteras i Ofelia. I projekt med arbete under totalavstängning, det vill säga inga tåg trafikerar sträckan då arbete genomförs, påverkas inte tågtrafiken då kabelskada påträffas. Enligt respondenter med beställarbakgrund sker rapporteringen i de flesta fall när skadan påverkar tågtrafiken. Därmed är det troligt att fler kabelskador uppstår än endast de som rapporteras i Ofelia. De skador som är rapporterade i Ofelia

räknas till att vara 552st under året 2022, för samtliga järnvägsområden som Trafikverket förvaltar. Det vill säga alla rapporterade skador på kabelanläggning under ett års tid. Eftersom kostnaden för kabelskador är varierande mellan 10–100 tkr enligt respondenter i intervjustudien är det svårt att sätta en exakt siffra på vad det kostar att reparera en kabel. För att göra en mer exakt beräkning behövs alla rapporterade skador undersökas grundligt. Därmed antas att ett medelvärde på en kabelskada är 50 tkr för att estimeras en hypotetisk kostnad, vilket resulterar i totalt 27 mkr för reparation av samtliga kabelskador. Om denna typ av skador kan reduceras skulle det innebära att stora besparingar kan ske för Trafikverket. Även om Trafikverket inte ansvarar för alla skador så framkommer det i intervjuerna att det ofta är Trafikverket som trots det faktum står för de flesta av kostnaderna. Skadorna kan förekomma i olika utsträckningar och olika ofta beroende på området som grävarbetet utförs inom. Projekt på större driftplatser med mycket infrastruktur är mer benägna för att kabelskador påträffas när grävarbeten utförs. Detta för att kabelanläggningen på dessa platser är mer omfattande och kräver en större försiktighet i utförande av grävarbeten. Det gäller även för projekt som är mer tidsomfattande eller som påverkar större områden, då projekten är större och pågår under en längre tid, vilket ökar sannolikheten att kabelskador påträffas. Ett exempel på en sträcka som är involverad i många arbeten är sträckan Borlänge – Mora, där arbeten på sträckan gjordes i samband med ställverksbytet i Mora. På sträckan var det 20st fel som rapporterades under felkoden ”kabelanläggning” med kommentar ”av-grävd kabel” mellan åren 2021 och 2022. Enligt modellen som användes tidigare, då medelvärdet för en kabelskada sätts till 50 tkr, är kostnaden för dessa reparationer ca. 1 mkr. Kostnaden är relativt liten men notera det endast gäller sträckan som en kortare del (ca. 65 km) av en större bandel.

I förhållande till generella projekts totala kostnad motsvarar dessa utökade kostnader för skador på kabelanläggningen vara i spannet mellan 1–2 %. Detta kan uppfattas som en relativt låg andel men är trots det en kostnad som kan förminskas genom dokumentation, utbildning och att mer försiktighet vidtas vid grävarbeten.

5.2 Frågeställning dokumentation av kablar

5.2.1 Skulle ytterligare dokumentation av kablar minska antalet kablar som skadas?

Det framkommer från samtliga respondenter i intervjustudien att införandet av tydlig dokumentation av kabelanläggningen skulle underlätta för arbetet med både kabelutsättning och grävning. Dokumentationen skulle därmed bidra till minskat antal skador på kabel. För entreprenören som utför kabelutsättningen underlättas arbetet om det finns färdigt underlag att utgå ifrån. Det innebär även för entreprenören som utför grävarbetet att det finns möjlighet att ta del av underlaget för kablar innan grävarbetet påbörjas så kabelutsättningen kan kontrolleras vare sig den är korrekt gjord eller ej av gräventreprenören. Det är därmed möjligt för samtliga entreprenörer att försäkra sig om förutsättningarna stämmer enligt underlag, och det blir enklare att konstatera vid en eventuell situation där en kabelskada påträffas vilken entreprenör som har brustit i utförandet.

Det innebär för beställaren att en ytterligare dokumentation kan användas till att uppskatta förarbetet på en sträcka där ombyggnation ska utföras. Genom att vara insatt i underlaget och medveten om den befintliga kabelanläggningens omfattning är det möjligt att innefatta förarbetet tydligt och detaljerat i upphandlingar för projekt. På så sätt kan beställaren uppskatta kostnaderna för denna typ av arbete med större precision. Eftersom vissa arbeten planeras med trafikavstängningar skulle ett bättre underlag ge en bättre uppskattning för tiden att utföra arbetet och hur stor marginal som behövs i de fall skador påträffas. Om beställaren kan ta del av underlaget innan projektet planeras går det att uppskatta tidsmarginalen som behövs för arbeten, sådant att arbete med försiktig grävning kan utföras utan tidspress. Slarv med försiktig grävning är en av de orsaker som är underliggande till kabelskador och uppstår enligt respondenterna när det är för korta arbetstider eller för få arbetstillfällen som arbetet ska utföras inom. Med ytterligare planeringsunderlag och därmed bättre planerade arbeten kan entreprenörens behov att påskynda arbetet minska, och kraven om försiktig grävning kan upprätthållas.

5.2.2 Är det i förvaltarens intresse att införa ytterligare dokumentation av kablar?

Trafikverket förvaltar den största delen av järnvägsanläggningarna i Sverige och är även beställaren i de flesta ombyggnadsprojekten. Om en ytterligare dokumentation för kablar införs kan det bidra till att antalen kabelskador minskar, därmed är det i förvaltarens intresse att införa den nya dokumentationen. Efter ett projekt är avslutat ska anläggningen lämnas över till förvaltaren och det är då önskvärt att lämna över anläggningen i gott skick. För att kabelanläggningen ska vara i gott skick innebär det att kablar inte har skadats, och därmed inte reparerats med skarvar. Eftersom skarvar alltid är en felkälla i en kabel som kan komma att förändra den förväntade livslängden, minskas risken för reparation i framtiden. En anläggning som är väl dokumenterad är även mindre tidskrävande att underhålla, och generella arbeten eller framtida ombyggnationer kan utföras snabbare och effektivare utan att ett långt förarbete behöver göras eller en ökad risk för kabelskador vid grävarbeten.



Figur 5, Förväntat händelseförlopp med ny dokumentation för kablar

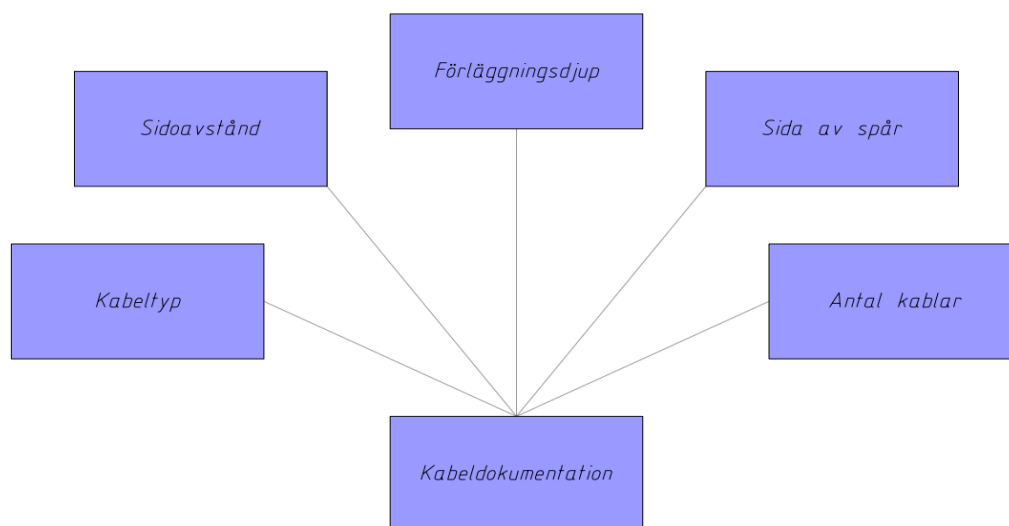
5.2.3 Är det ekonomiskt gynnsamt att införa ytterligare dokumentation av kablar?

Beställarrespondenterna är eniga om att det inte är aktuellt att börja dokumentera all kabel som finns längs järnvägen i ett självständigt projekt där projektmålet endast är dokumentering. Detta hade tagit alldeles för lång tid och hade kostat alldeles för mycket pengar. Det har dels att göra med det enorma antalet kablar som finns i kabelnätet och dess omfattning, men framför allt beror det på att det är mycket kostsamt och dåligt för miljön att gräva fram alla kablar för att sedan endast dokumentera dem. Det är att jämföra denna typ av projekt med att gräva fram och slopa all befintlig kabel, vilket inte tjänar något syfte mer än att de gamla kablarna tas bort, som återigen är mycket kostsamt och dåligt för miljön.

Det betyder inte att man från beställarperspektiv inte vill införa ytterligare dokumentation. I stället föreslås det att med tiden, under projekts gång när förläggning av ny kabel genomförs, skall denna dokumenteras, och i samband även de befintliga kablarna som påträffas på sträckan. På det sättet kommer en handling att växa fram med tiden. Det kommer kan ta några år att genomföra

men anses vara nödvändigt. Det kan komma att öka kostnaden något i projekt initialt men efterhand kommer det att löna sig då det kommer resultera i minskade kostnaden för framtida projekt i samband med hantering av kablar.

5.2.4 Hur detaljerad behöver den ytterligare dokumentationen vara för att gynna beställare och entreprenörer?



Figur 6, Dokumenteringsinnehåll

Syftet med att införa en ny dokumentation för kablar är att underlätta för de arbeten som hanterar kablar, och viss information kan vara viktigare än annan beroende på vad för typ av arbete som ska utföras. Om målet med införande av dokumentationen är att förse alla typer av arbeten med användbart underlag är det viktigt att handlingen är nog detaljerad i den utsträckningen att det underlättar för dessa arbeten avsevärt. Det vill säga att handlingar för kabelanläggningen ska kunna användas för att göra arbeten enklare och effektivare, och inte endast vara ett verktyg som i vissa fall kan vara användbart men aldrig nödvändigt. Viktigast är att information om var kabel befinner sig bör ingå i dokumentationen. Det innefattar förläggningsdjupet, sidoavstånd från spår mitt och vilken sida av spåret som kabel ligger förlagd vid. Det är även viktigt för entreprenören som utför grävarbetet att information framgår i underlaget om hur många kablar som befinner sig på platsen, och om de har eventuellt olika förläggningsdjup. Har kablar olika förläggningsdjup, exempelvis om en kabel ligger grundare än en annan, kan entreprenören anpassa sitt grävande bättre. För underhållsentreprenören och i felavhjälpsyfte är det viktigt att det framgår vilken typ av kabel som är förlagd, så att eventuellt reparationsarbete underlättas. Kablar varierar i storlek, komplexitet och tillhörande anläggningsdel, därmed skulle en kabelskada påträffas vet underhållsentreprenören hur anläggningen påverkas och vilken metod för reparation som ska utföras.

Finns all den presenterade informationen i en handling är det för en entreprenör svårt att motivera varför en kabel har skadats i ett arbete, och bidrar till att beställaren kan uppleva större trygghet i att ingen kabel skadas när ett grävarbete ska utföras.

Informationen i detta kapitel föreslås, men begränsas inte till, att ingå i en ny handling för kabelanläggningen. Det är möjligt att det finns annan information som anses vara viktig för en sådan handlingen och de arbeten som bedrivs, än vad som är beskrivet.

5.3 Slutsatser

Denna del av rapporten redovisar kortfattat de slutsatser som har dragits efter utifrån examensarbetet.

- Den utrustning och den metod som används för kabelutsättning är i dagsläget tillräcklig för att lokalisera kablar, men det krävs erfarenhet med instrumenten för att göra en kabelutsättning med precision. Arbetet med kabelutsättning kan förbättras och förenklas med en ny handling som dokumenterar kablar utförligt.
- Skada på kabel uppstår vanligtvis med högre frekvens vid arbeten där felkällorna är fler, och om entreprenören som utför grävarbete är oerfaren eller slarvig. Exempel på felkällor är fler antal maskiner, längre sträckor och antal kablar på samma plats.
- För att minska antalet kabelskador föreslås att en ny utbildning införs med syfte att certifiera personal för grävarbeten intill kabelanläggning, samt en ny handling som dokumenterar positionen för kablar under mark. Det föreslås även att det införs ett nytt arbetsmoment i projekt, med syfte att dokumentera kabelutsättningen. Detta kan med fördel redovisas av gräventreprenör för beställare, med syfte att motverka en eventuell konflikt mellan beställare och entreprenör om vare sig kabelutsättning var utförd korrekt på platsen eller inte.
- Vissa beställarespondenter anser att grävarbeten bör utföras med den så kallade ”sug-metoden” som innebär att vakuumsug används vid arbeten intill kabelanläggning i stället för grävmaskiner med skopa. Denna metod är mer invecklad och dyrare initialt men har mycket mindre risk att påverka den befintliga anläggningen.

- Det finns ett intresse att utöka den nya handlingen som föreslås med att ytterligare dokumentering av position för skarvar medtas sådant att arbete för underhålls罔reprenör förenklas i arbeten med dessa skarvar.
- De vanligaste kostnaderna vid kabelskador är för reparation och felavhjälpning, som ligger mellan 10–100 tkr. De största kostnaderna är för tåg罔rseningar och kan i vissa fall uppgå till miljonbelopp. I projekt står kabelskador för ca. 1–2% av projektkostnaden och anses vara högre än nödvändig. År 2022 uppskattas kostnaden för tåg罔rseningar orsakade av kabelskador vara ca. 569 mkr enligt en hypotetisk beräkningsmodell, utan att modellen tar hänsyn till eventuella följd effekter eller skador som inte har rapporterats. Fördelen med ny handling som dokumenterar position för kablar är att den ger ett bättre underlag för utsättnings- och gräventreprenör till att utföra sina arbeten. En ny handling gör det även möjligt att bättre kontrollera arbeten. Den kan användas till att underlätta i utredningar om vilken aktör som är ansvarig för en eventuell kabelskada i det fall att den uppstår. Beställare kan, med hjälp av underlaget, bättre planera både ett projekts estimerade kostnad och ett projekts förväntade tidplan med färre fel marginaler.
- En utmaning med att införa en ny handling är att det kommer ta en längre tid för att implementera handlingen för samtliga järnvägsanläggningar i Sverige.
- Det är i förvaltarens intresse att tillsätta en ny handling som dokumenterar kablar för att minska antalet kabelskador. Därmed minskas även antalet skarvar, vilket gör att kabel kan behålla sin livslängd. En ny handling underlättar även för förvaltarens underhålls罔reprenör i utförandet av diverse underhållsarbeten.
- Om den nya handlingen införs kontinuerligt för anläggningar i takt med ombyggnadsprojekt är det också ekonomiskt försvarbart att investera i den, till skillnad från projekt med enbart syfte att dokumentera befintliga kablar.
- För att handlingen ska vara användbar och nyttjande för alla aktörer bör den dokumentera kabelanläggningen utförligt. Handlingen bör därmed innehålla exempelvis förläggningsdjup, sidoavstånd från spår mitt, sida av spår, antal kablar samt kabeltyp.

6 Diskussion

I detta avsnitt diskuteras resultatet av examensarbetet och metoderna som har använts i examensarbetet. Det ges även förslag till vidare studier som anses vara relevanta att undersöka djupare inom branschen.

6.1 Metoddiskussion

Valet att utforma examensarbetet med en litteraturstudie och en intervjustudie grundas i att området som examensarbetet studerar är relativt odokumenterat, vilket gör att det är en utmaning att hitta information från tidigare studier och att jämföra resultatet med sådana studier.

Litteraturstudien är ämnad till att ge en insyn om vad som verkligen är dokumenterat inom området, främst om arbetsmetoderna och kraven som beskrivs i Trafikverkets styrdokument för arbeten med kabelutsättning och grävning intill kabelanläggning. Litteraturstudiens omfattning bidrar även till att understryka bristen av studier inom området, då mycket av information som framgår i intervjustudien inte finns att tillgå i litteraturstudien. Detta gäller inte bara för utförandet av kabelutsättning inom järnväg, utan även de andra infrastrukturområdena. På grund av det bristande utbudet av tidigare studier förändrades uppfattningen om ämnet under arbetets gång, då intervjustudien belyste vissa arbetsområden i nytt perspektiv. Därmed anses det vara viktigt att ämnet studeras vidare eller avgränsas till vissa delar för djupare studier.

Intervjustudien gjordes för att ta reda på om problem uppfattas finnas inom området i branschen av personal och vilka problem som uppfattas finnas för de olika aktörerna. Genom att intervjua personer från olika ställen i Sverige och med olika bakgrunder, förväntades det framgå vilka problem som vanligtvis uppstår och vad dessa personer anser bör göras åt problemen. Intervjustudien gjordes med beställare och entreprenörer i blandad ordning och i mån av tid, vilket i efterhand kunde ha strukturerats annorlunda. Exempelvis togs vissa punkter upp av beställare som hade varit intressant att implementera i intervjuer med entreprenörer, men var inte möjligt på grund av den blandade ordningen. Det hade även varit mer gynnsamt om intervjustudien hade involverat fler individer, då det framgick tidigt i studien att svaren skiljde sig åt mer än förväntat beroende på var i Sverige individen utgick ifrån. Intervjustudien anses inte vara bristande i antalet respondenter, och den korta tidsramen gör att det blir en utmaning att planera för flera respondenter, men ytterligare respondenter från andra liknande bakgrunder hade välkomnats.

Eftersom Trafikverkets tjänst Ofelia är låst bakom säkerhetsklassificering är det svårt för en utomstående part att utvinna information som kan tillföra mycket i liknande studier. Det hade varit bra om information som rapporteras kan sammanställas för allmän publicering, då informationen är intressant och givande när kostnadsuppskattningar ska beräknas. Detta hade gjort det möjligt för annan personal än den berättigad av Trafikverket, att ta fram studier som kan vara användbara för att göra besparingar i järnvägsprojekt.

6.2 Resultatdiskussion

Resultatet har visat att det finns ett tydligt intresse i branschen för att införa en ny dokumentation för kabelanläggningen. Metoden för hur handlingen ska implementeras är utmanande, men olika metoder föreslås av respondenterna i intervjustudien. Det framgår att arbeten med kabelutsättning och grävning intill kabelanläggningen hade förenklats avsevärt om det fanns en handling med information som beskriver var kabel är förlagd längs spåret. Det framgår inte så tydligt i examensarbetet att utrustningen som används för kabellokalisering är i behov av förbättring, utan att andra spänningsförande delar av anläggningen ligger i grund för utmaningar med kabellokalisering. Detta är något som bör undersökas vidare, exempelvis i en studie med endast entreprenörer som är inriktade till kabelteknik.

Kostnader som uppstår på grund av kabelskador är svåra att uppskatta utifrån det underlag som har använts i examensarbetet. De kostnader som har presenterats framgår inte som orimliga, men är endast framtagna med hjälp av hypotetiska beräkningsmodeller och innefattar inte alla faktorer som är närvarande i verkligheten.

Det framgår i intervjustudien att konflikt kan uppstå mellan beställare och entreprenör om vilken aktör som är kostnadsansvarig då en kabelskada uppstår. Detta problem kan åtgärdas på olika sätt, och i examensarbetet presenteras två metoder som förslag till att enklare klargöra en sådan situation. En av metoderna som föreslås är att kabelutsättningen dokumenteras för att användas som bevis till vilka förutsättningar som grävarbetet hade som underlag då arbetet påbörjades. En annan metod som föreslås är att införa en utbildning som kan certifiera personal till att övervaka grävarbeten, sådant att krav om försiktighetsprinciper för grävning upprätthålles. Examensarbetet redovisar inte specifikt hur de metoder som föreslagits ska införas och kan med fördel undersökas vidare.

Att införa en ny handling kan ta tid att genomföra, men som några av respondenterna menar är det bättre att börja att införa en ny handling tidigare än senare. Det finns utrymme även här att undersöka vidare hur det ska utföras och på vilken skala.

Problemet med korta tider i spåret upplevs som återkommande i branschen och är förståeligt då det är i kundens intresse att tågtrafiken stoppas så sällan möjligt. Frågan är om det i slutändan är bättre att ha lite längre totalavstängningar i stället för flera kortare avstängningar, med tanke på att risken för att skador i anläggningen som uppstår på grund av tidspress kan minskas.

6.3 Förslag till vidarestudier

Området som detta examensarbete är relaterat till är som tidigare nämnt förhållandevis ostuderat och odokumenterat. Därför är examensarbetet utfört med ett bredare perspektiv, och det finns delar med potential för att undersöka djupare. Detta kan gynna branschen på olika sätt om hur arbete med kablar och konsekvenser med kabelfel kan hanteras. Nedan presenteras några förslag till vidarestudier inom ämnet som jag anser vara bra utgångspunkter för branschens framtid.

- Hur kan man förbättra kabelsökandet med tanke på de störningar som kommer från övriga anläggningsdelar?
- Vad är den totala kostnaden för kabelskador och dess följd effekter i diverse sammanhang?
- Hur implementerar man en ny dokumentation för kablar på ett kostnads- och tidseffektivt sätt, samt vad bör dokumentationen innehålla?
- Vilka för- och nackdelar finns med att förlägga all kabel i kanalisationsrännor; och hur görs det gynnsamt?
- Vilka för- och nackdelar finns med att endast använda vakuumsug i grävarbeten, till skillnad från grävmaskin.
- Hur kan kabelutsättningen göras mer pålitligt än de traditionella metoderna, som sprayfärg och markeringspinnar?
- Vilken kompetens är nödvändig för certifierad personal som ska ansvara för grävarbeten?

7 Referenser

Litteratur

Paulsson, U., 2020. *Examensarbeten*. 1:1 red. Lund: Studentlitteratur AB.

Rapporter

Bjurström, H. & T, W., 2004. *Markarbete vid småhusan- slutningar till fjärrvärmenät*, Chalmers: Svensk Fjärrvärme.

Kaddori, B., 2017. *Kabelförläggning i mark*, Stockholm: Umeå universitet.

Uponor, 2013. *Uponor El & Tele*, Fristad: Uponor AB.

MSB, 2015. *Kostnader för störningar i infrastrukturen*, Karlstad: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.

Sand, E., 2016. *Marknadsundersökning i outvecklade marknader med omedvetna kunder*, Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet (SLU).

Webbsidor

Elsäkerhetsverket, 2022. *Kabelförläggning*. [Online]

Available at:

<https://www.elsakerhetsverket.se/globalassets/publikationer/broschyror/kabelforlaggning-2018.pdf>

[Använd 26 Februari 2023].

Ledningskollen, u.d. *Enkel webbtjänst ger bättre ledningskoll*. [Online]

Available at:

https://www.ledningskollen.se/Filer/Dokument/130704%20Ledningskollen_8-sid_slutlig.pdf?TS=635157752060000000

[Använd 17 Februari 2023].

Pite Energi, 2020. *Anvisningar för kabelförläggning*. [Online]

Available at: [https://www.piteenergi.se/wp-](https://www.piteenergi.se/wp-content/uploads/2018/04/Anvisningar_Kabelf%C3%B6rl%C3%A4ggning_Op)

[content/uploads/2018/04/Anvisningar_Kabelf%C3%B6rl%C3%A4ggning_Op_tokanalisation_120x190_sidor.pdf](https://www.piteenergi.se/wp-content/uploads/2018/04/Anvisningar_Kabelf%C3%B6rl%C3%A4ggning_Op_tokanalisation_120x190_sidor.pdf)

[Använd 10 April 2023].

Railcare, u.d. *Vakuum*. [Online]
Available at: <https://www.railcare.se/vi-erbjuder/entreprenad-sverige/vakuum/>
[Använd 25 Februari 2023].

RF-System, 2023. *Kabelförläggning*. [Online]
Available at: https://www.rf-system.se/product_category/kabel/
[Använd 25 Februari 2023].

Trafikverket, 2021a. *Kabelanvisning*. [Online]
Available at: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/teknik/anlaggningsteknik/Elkraftsystemet/Kabelanvisning/>
[Använd 17 Februari 2023].

Trafikverket, 2021e. *Ofelia*. [Online]
Available at: <https://bransch.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/forvaltning-och-underhall/Ofelia/>
[Använd 25 April 2023].

Tågexperterna, 2023. *Välkommen till Tågexperterna!*. [Online]
Available at: <https://statistik.xn--tgexperterna-tcb.nu/>
[Använd 10 April 2023].

VEAB, u.d. *Anvisning: Grävning intill ledning som tillhör Växjö energi*. [Online]
Available at: <https://www.veab.se/kundcenter/ledningsanvisning/>
[Använd 11 April 2023].

Styrande dokument

Trafikverket, 2015. *TDOK 2014:0945 Förläggning av ledningar och ledningskorsningar inom eller intill järnväg*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2021b. *BVS 1585.005 - Typsektioner för banan*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2021c. *TRVINFRA-00014 Banöverbyggnad, Stabilitetspåverkande arbeten*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2021d. *TDOK 2021:0312 Underhållsbesiktning - Banöverbyggnad*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2022a. *TRVINFRA-00308 Ibruktagande- och kontrollbesiktning*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2022b. *TDOK 2019:0174 Säkerhetsbesiktning - Periodicitet*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2022c. *TDOK 2021:0303 Underhållsbesiktning - Genomföra*, Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket, 2023. *TRVINFRA-00179 Elkraftanläggning, Lågspänning, Kraftkabelanläggning och märksystem för järnväg*, Borlänge: Trafikverket.

Bilaga 1

**Tabell K10.1 under krav K38758 i TRVINFRA-00014:
Stabilitetspåverkande arbeten.**

Spårtyp: Betongsliperspår i makadamballast		Ackumulerad trafikbelastning i 1000-tal bruttoton (kbrt)			
$\Delta T = T_f - T_o$		0-25 kbrt	25-50 kbrt	50-75 kbrt	75-100 kbrt
STOR temperatur differans (ΔT)		$\Delta T > 35^\circ \text{C}$	$\Delta T > 45^\circ \text{C}$	$\Delta T > 55^\circ \text{C}$	
	Max hast (km/h) efter arbete Kategori 1 och 2	40	40	40	40
NORMAL temperatur differans (ΔT)		$5^\circ \text{C} > \Delta T > 35^\circ \text{C}$	$5^\circ \text{C} > \Delta T > 45^\circ \text{C}$	$5^\circ \text{C} > \Delta T > 55^\circ \text{C}$	
	Max hast (km/h) efter arbete Kategori 1	80	100	130	STH
	Max hast (km/h) efter arbete Kategori 2	130	STH	STH	STH
LITEN temperatur differans (ΔT)		$\Delta T < 5^\circ \text{C}$			
	Max hast (km/h) efter arbete Kategori 1	100	130	STH	STH
	Max hast (km/h) efter arbete Kategori 2	STH	STH	STH	STH

Bilaga 2

Vanliga frågor för intervju med beställare

Hur vanligt är det att ett investeringsprojekt eller underhållsprojekt involverar någon form av grävning där det finns befintlig kabel i marken enligt din erfarenhet?

Hur brukar resultatet vara vid dessa arbeten? Görs det med eller utan problem/störningar?

Vad kan orsaken vara till att kabel skadas i grävarbeten?

Hur ofta uppstår det akut felavhjälpning på grund av kabel som skadas?

Brukar det finnas oklarhet kring vem som är ansvarig när kabel skadas?

Ungefär hur mycket kostar det för ett projekt om en kabel grävs av?

Hur stor är vanligtvis den ekonomiska påverkan för ett projekt att bristande kabelutsättningar och grävarbeten orsakar skador?

Vilken aktör påverkas mest ekonomiskt av de skador som uppstår på kabel?

Vilka är de största kostnaderna när en kabelskada uppstår?

Är metoderna eller utförandet i behov av förbättring/utveckling enligt din åsikt?

Tror du att det skulle vara gynnsamt för entreprenörer och beställare om det fanns ytterligare dokumentation för kabelanläggningen?

Hade det varit ekonomiskt rimligt för förvaltaren att införa ytterligare dokumentation för kabelanläggningen?

Hade det varit rimligt för förvaltaren och/eller beställaren att införa nya krav på entreprenörer i projekt så att arbetet med kabelanläggningen utförs med mindre skador på befintlig anläggning?

Bilaga 3

Vanliga frågor för intervju med entreprenör

Hur ofta förekommer det att det ingår i projekt att förlägga ny kabel?

När ny kabel ska förläggas eller andra grävarbeten, hur utförs kabelutsättning och grävning enligt din erfarenhet?

Hur brukar resultatet vara och brukar det uppstå följdproblem?

Har du någon åsikt om metoderna som används är bra eller i behov av förbättring?

Tror du att det finns en bättre metod för arbetet, och i sådana fall vad?

Anser du att det finns problematik i utförandet eller metoderna?

Hur ofta skadas kabel i arbeten som involverar grävning av något slag?

Vad kan orsaken vara till att kabel skadas?

När en kabel skadas, hur påverkas tågtrafiken?

Vem bär ansvaret när kabel skadas i de flesta sammanhang?

Finns det någon metod för att lokalisera skarvar på kablar i marken?

Tror du att det skulle vara gynnsamt om ytterligare dokumentation för kablar infördes?

Vet du om några andra metoder eller redskap som skulle kunna göra arbetet med kabelutsättning enklare?

Får du ta del av den utredning som görs när kabel skadas?

Finns det några andra förbättringar eller ändringar man kan göra relaterat till ämnet?

Bilaga 4

Respondenter - Beställare

Fredrik Karlsson jobbar på Trafikverket inom underhåll som projektledare, och innan inom investering. Tidigare har han jobbat på Banverket Projektering, följt av Vectura och Sweco innan övergången till Trafikverket. Han har huvudsakligen jobbat inom område signal.

Jan-Erik Norgren har jobbat för Trafikverket i ca. 7 års tid och är projektledare inom investering-mitt, i Borlänge. Han har tidigare jobbat på entreprenadsidan inom olika spårfirmor med en bakgrund inom banteknik. Han har även varit på Infranord AB i ca. 10 år både ute i spår och som arbetsledare, sedan som ställföreträdande platschef innan övergången till Trafikverket.

Johan Nordgren har tidigare jobbat med produktionsplanerande- och arbetsledande roller i ca. 10 års tid. Han har sedan jobbat på Trafikverket som projektledare, framför allt inom spårarbeten, fram till 2018 och sedan dess som konsult för Trafikverket.

Per-Erik Cannert är ägare för Cannert Järnvägs konsult AB sedan 2011, med inriktning byggledning i projekt, samt även entreprenadbesiktning. Han har tidigare haft behörighet som ibruktagningsledare. Innan han började jobba som konsult har han en bakgrund inom Banverket Produktion som signaltekniker sedan -79 och senare arbetsledare, lagbas och sist som platschef för drift och underhåll i Öxnered.

Peter Björklund jobbar som projektledare och har gjort det i många år med små och medelstora projekt för Trafikverket investering, i Borlänge. Han har varit aktiv sedan ca. -93 då under Banverket-tiden och varit med sedan inom hela resan med Trafikverket.

Thomas Svensson har varit signaltekniker sedan 90-talet, och jobbat som tekniker, projektledare, besiktningsman och chef i olika former. Han jobbar för tillfället som inhyrd konsult hos Trafikverket med ställverksbytet i Nässjö och med ERTMS.

Bilaga 5

Respondenter - Entreprenörer

Andreas Wenngren har ett eget företag sedan november 2022 och jobbar som signaltekniker. Han har tidigare erfarenheter som arbetsledare och projektledare under de 13–14 åren han har arbetat med järnväg.

Anonym, A, har jobbat som drifttekniker för ett energibolag i mitt-Sverige sedan ca. 10 år, inom el och vatten.

Dennis Svensson har jobbat på Strukton Rail AB inom underhåll, och tidigare ett år för VR-Track under sina 9 år som signaltekniker i Nässjö, där han även jobbade ca. 6 månader som arbetsledare.

Håkan Lång har jobbat för Banverket Produktion sedan 2008 och på senare år för Infranord AB, där han främst sysslar med kabelanvisning. Han har tidigare jobbat som kabeltekniker i ca. 5 år och ägnade sig då åt kabelreparationer och kabelanvisning.

Ola Hedlund är i grunden installationstekniker sedan -88 och jobbade då med installations el. -92 började han på Banverket Produktion och ägnade sig främst åt elkraft, mer specifikt som elinstallatör för drift och underhåll i södra Sverige. Han har även erfarenheter som byggplatsuppföljare för Rejlers AB, projektingenjör för projekt City-tunneln och numera projektingenjör för projekt Ängelholm-Maria station för Strukton Rail AB.