

RAPPORT

Trafikverkets klimat- och sårbarhetsanalys 2019



Trafikverket

Postadress: Trafikverket, 781 89 Borlänge

E-post: trafikverket@trafikverket.se

Telefon: 0771-921 921

Konfidentialitetsnivå: 1 - Ej känslig

Dokumenttitel: Trafikverkets klimat- och sårbarhetsanalys 2019

Författare: Markus Lundkvist

Dokumentdatum: 2023-09-21

Ärendenummer: TRV 2020/19365

Version: 2.0 (Extern version av tidigare intern rapport)

Kontaktperson: Malin Lind

Publikationsnummer: 2020:076

ISBN: 978-91-7725-608-3

Omslagsfoton: Håkan Gunnarsson och Michael Erhardsson

Innehåll

SAMMANFATTNING	6
ORDLISTA	10
1. INTRODUKTION	11
1.1. Samhällsekonomisk effektivitet och transportpolitiska mål	11
1.2. Trafikverkets arbete med klimatanpassning	13
1.3. Syften och frågeställningar	15
1.4. Målgrupper	16
1.5. Läsinstruktion	16
1.6. Styrande dokument	17
Nationell strategi för klimatanpassning (Prop. 2017/18:163)	17
Förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete	18
Förordning (2010:185) med instruktion för Trafikverket	19
1.7. Stödjande dokument och källor	19
1.8. Systembeskrivningar	20
Vägsystemet	20
Järnvägssystemet	20
Anläggningsdelar	20
Trafikverket	21
1.9. Klimatförändringar	22
Temperatur	23
Nollgenomgångar	24
Nederbörd	24
Luftfuktighet	24
Snö	25
Vind	25
Grundvatten	25
Vattenflöden	26
Vattennivåer i sjöar	26
Havsnivåer	26
Is på hav och sjöar	27
Torka	27
Vegetation	27
2. ANSATS	28
2.1. Avgränsning och fokusering	28
2.2. Genomförande	30
2.3. Metodik och dataunderlag	30

3. RESULTAT - ANALYS	32
3.1. Trafik	32
Buller	32
Vibrationer	33
Luftföroreningar	34
3.2. Atmosfären	34
Vindar	34
Ljusförhållanden	34
Åskväder	35
Hagel	37
Dimma	37
Halka	39
Vattenplaning	40
Snödräv	41
Snö och is i växlar	43
Rälsbrott	45
Tjälskador	46
Värmebölja	47
Solkurvor	48
Blödande asfalt	49
Översvämning - skyfall	49
Korrosion	50
Fallande is från broar	51
Saltstorm	51
Isstorm	52
Vinderosion	53
Arbetsmiljö	53
3.3. Vattendrag och sjöar	53
Översvämningar	53
Slasklaviner	54
Vattenstånd i sjöar	55
Isvägars bärighet	55
Islossning	56
3.4. Terräng	57
Laviner	57
Ras och skred	57
Erosion och bortspolning	59
Slamströmmar och moränskred	61
3.5. Djur	61
Viltolyckor	61
Renpåkörningar	62
Fåglar	63
3.6. Växtlighet	64
Brand	64

Fallande träd	66
Spårhalka	68
Invasiva arter	69
Övrig vegetation	70
3.7. Havet	70
Havsnivåhöjning och kusterosion	70
Stormflod	71
3.8. Övrigt	72
Förorenade områden	72
Sammanställning	73
4. RESULTAT - BESTÄMMELSER I LAGAR OCH ANDRA FÖRFATTNINGAR	75
5. DISKUSSION	76
5.1. Avgränsning	76
5.2. Underlag	77
5.3. Analys	77
5.4. Osäkerhet och känslighet	79
5.5. Kunskapsbehov och metodutveckling	79
5.6. Övrigt	80
5.7. Regeringens principer för klimatanpassning	80
5.8. Luftfart och sjöfart	82
6. SLUTSATSER	85
6.1. Analys	85
Trafik	85
Atmosfären	85
Vattendrag och sjöar	86
Terräng	86
Djur	87
Växter	87
6.2. Bestämmelser i lagar och andra författningar	87
REFERENSER	88
Rapporter/faktablad	88
Hemsidor	89

Sammanfattning

Denna rapport omfattar Trafikverkets klimat- och sårbarhetsanalys för 2019 som utförts i enlighet med förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete. Förordningen fastställer att Trafikverket inom ramen för sina uppdrag ska initiera, stödja och utvärdera arbetet med klimatanpassning vilket också omfattar den infrastruktur man förvaltar och underhåller. Enligt förordningen ska Trafikverket i klimat- och sårbarhetsanalyser belysa hur klimatförändringarna påverkar myndighetens verksamhet. Analyserna ska också identifiera bestämmelser i lagar och andra författningar som påverkar klimatanpassningsarbetet. Klimat- och sårbarhetsanalyserna ska ligga till grund för identifiering av myndighetsmål i arbetet med klimatanpassning samt handlingsplaner för att nå dessa mål.

Trafikverket har sedan tidigare tagit fram en strategi för klimatanpassning med önskade lägen för klimatanpassningsarbetet. Strategin har resulterat i två handlingsplaner för perioderna 2016-2017 och 2018-2019. Myndigheten har också utvecklat metodhandböcker i riskanalys för de klimatrelaterade händelsetyperna ras, skred, översvämning, erosion och bortspolning. Riskinventeringar och riskanalyser genomförs längs vägar och planeras för järnvägar. Medel har avsatts för klimatanpassningsåtgärder. Utöver dessa och andra händelsetyper finns även förhållanden som exempelvis tjälaktivitet, korrosion, växtlighet och havsnivå vilka förändras långsiktigt med klimatförändringen.

Det nutida klimatet medför effekter på infrastrukturen som genererar kostnader av olika slag. De totala kostnaderna består av kostnader för förebyggande åtgärder och kostnader för avvikelser som skador, bristande funktionalitet, olyckor och trafikstörningar. I förhållande till det nutida klimatet bedöms att framtidens klimat medför både positiva och negativa effekter för Trafikverkets anläggningar och ansvarsområde. Det är viktigt för Trafikverket att analysera när, var och hur klimatförändringens olika effekter kan påverka tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa längs infrastrukturen.

Många klimatanpassningsåtgärder Trafikverket har rådighet över är anläggningsnära. För att optimera klimatanpassningen bör åtgärderna göra så stor nytta som möjligt i förhållande till sina kostnader. Det innebär att det är rimligt att i första hand identifiera och analysera åtgärder där det finns en förväntan på stora negativa effekter. Denna förväntan på något negativt kan uttryckas som risk. Begreppet risk är ett kombinerat mått på sannolikheten för en negativ händelsetyp eller förhållande samt dess konsekvenser. Vissa händelsetyper förväntas inträffa oftare och med värre konsekvenser i det framtida klimatet vilket gör att risknivån ökar. Andra händelsetyper förväntas inträffa mer sällan och med lindrigare konsekvenser vilket ger en lägre risknivå.

I Trafikverkets strategi för klimatanpassning identifieras ett önskat arbetssätt som omfattar att:

klimatrelaterade risker identifieras, analyseras och reduceras fortlöpande som en integrerad del i underhåll, nybyggnad och ombyggnad av vägar och järnvägar.

Det övergripande syftet med denna och kommande klimat- och sårbarhetsanalyser är att utveckla Trafikverkets klimatanpassningsarbete. Ett specifikt syfte med denna första analys är att översiktligt beskriva och bedöma hur och var klimatförändringen påverkar statliga

vägar och järnvägar genom att översiktligt skatta om risknivåer ökar, minskar eller är oförändrade.

Analysen baseras på klimatscenarier från SMHI. Bedömningarna utgår från scenarion för strålningsdrivning RCP (*Representative Concentration Pathways*) 4.5 med undantag för förändringar av havsnivå som utgår från RCP 8.5. Tidsperspektivet i analysen sträcker sig till år 2100 som är bortre gräns för SMHIs scenarier.

Det första steget i analysen var att identifiera klimatrelaterade händelsetyper och förhållanden som påverkar anläggningsdelar i vägsystemet och järnvägssystemet. Det gjordes genom en sammanställning av tidigare dokumentation. Dessutom identifierades effekter från trafiken som buller, vibrationer och luftföroreningar vars emission eller spridning påverkas av klimateffekter. Vidare identifierades olika typer av klimatberoende påverkan från djur- och växtliv.

För respektive händelsetyp och förhållande identifierades styrande klimateffekter, påverkan på anläggningen och där så var möjligt även geografisk utbredning i det nuvarande klimatet. Det gjordes genom sammanställning av tidigare analyser, insamlande av statistik över inträffade händelser, information från sakkunniga inom och utanför Trafikverket samt visualisering av geografisk information.

För att göra översiktliga geografiska bedömningar av framtida förändringar i risknivå analyserades scenariokartor för klimateffekter tillsammans med kartor med inträffade händelser. För vissa händelsetyper och förhållanden fanns begränsad statistik och där gjordes generella bedömningar.

Nedan ges preliminära slutsatser för olika händelsetyper och förhållanden i nationell skala. Stora osäkerheter gör att många slutsatser också kan betraktas som hypoteser som behöver fördjupad prövning. De preliminära slutsatserna bygger i de flesta fall på en situation utan förändring i vidtagna åtgärder eller omvärldsförhållanden. För buller och luftföroreningar tas dock hänsyn till omvärldsförändringar som förväntas i framtiden. Det betonas att regionala och lokala skillnader i klimateffekter kan göra att slutsatserna inte är giltiga regionalt eller lokalt. De preliminära slutsatserna med ovanstående förbehåll är:

- **Buller** exponeringen för boende intill vägar och järnvägar kan både öka och minska.
- **Vibrationer** kommer att öka i områden med höga grundvattenytor.
- **Luftföroreningars** spridning förskjuts i viss mån från luft till vatten vad gäller slitagepartiklar.
- Ändrade **ljusförhållanden** leder till att antalet mörkerrelaterade typer av trafikolyckor inträffar.
- **Vindklimatet** kommer inte att förändras påtagligt vilket innebär att broar, färjeturer och tågtrafik kommer att stängas och ställas in ungefär lika frekvent som i det nutida klimatet.
- Antalet signalfel och kontaktledningsfel som orsakas av **åskväder** med blixtnedslag ökar.

- Skador från **hagel** kommer att kunna inträffa men omfattningen bedöms vara begränsad.
- Antalet trafikolyckor där **dimma** är bidragande orsak ökar marginellt.
- Problem med **halka** förskjuts norrut men det sammanlagda behovet av halkbekämpning minskar inte.
- Antalet trafikolyckor där **vattenplaning** är bidragande orsak ökar.
- Problem med **snö och is i växlar** minskar och kvarvarande problembild förskjuts norrut.
- Problem med **snödrev** minskar längs fjällvägar och längs vägar i södra Sverige.
- Antalet temperaturrelaterade **rälsbrott** minskar.
- Problem med **tjälskador** ökar.
- **Värmeböljor** blir vanligare och kommer att påverka anläggningsdelar längs både vägar och järnvägar.
- Antalet **solkurvor** ökar i spår som inte är normenligt byggda och underhållna.
- Omfattning av **blödande asfalt** kommer att öka på vägar med värmekänsliga bindemedel.
- Antalet **översvämningar** relaterade till skyfall kommer att öka.
- **Korrosion** på äldre broar förskjuts norrut.
- Problem med **fallande is från broar** kommer att förskjutas norrut.
- Antalet **saltstormar** ökar inte.
- Sannolikheten för **isstorm** ökar inte.
- Sannolikheten för **vinderosion** ökar marginellt.
- Sommartid blir **arbetsmiljön** mer påfrestande i samband med underhåll och byggnation.
- Antalet **översvämningar** i vattendrag och sjöar ökar.
- Antalet **slasklavin**er förblir lågt.
- Större amplitud i **sjöars vattenstånd** påverkar färjetrafik.
- Säsongen för **isvägar** blir kortare och säsongen för **vägfärjor** blir längre.
- Antalet **islossningar** vid älvar minskar.

- Antalet **lavinor** minskar.
- Antalen **ras** och **skred** ökar.
- Antalen och omfattning av **erosion** och **bortspolning** ökar.
- Antalen **slamströmmar** och **moränskred** ökar.
- Antalet **viltolyckor** ökar.
- Antalet **renpåkörningar** längs vägar och järnvägar ligger kvar på dagens nivå.
- Antalet kontaktledningsfel som orsakas av **fåglar** ökar.
- Antalet **bränder** i vegetation ökar. Återkommande perioder av hög **brandrisk** påverkar trafik och underhåll längs järnväg.
- Antalet **fallande träd** ökar över infrastruktur som inte är trädsäkrad.
- Förekomst av **spårhalka** ökar längs sträckor som inte trädsäkrats.
- Problem med **invasiva arter** längs infrastrukturen kommer att öka, både beträffande omfattning av redan etablerade arter samt att helt nya arter etablerar sig.
- Tillväxthastigheten av övrig oönskad **vegetation** längs anläggningen kommer att öka vilket kommer att påverka artrikedomen samt behov av underhållsåtgärder.
- **Havsnivåhöjningen** påverkar havsnära infrastruktur, särskilt i södra Sverige.
- Antalet **stormfloder** ökar, i synnerhet längs kuster i Skåne och Hallands län.
- Spridning av föroreningar kommer att öka från **förorenade områden** som Trafikverket ansvarar för.

De förväntade förändringarna innebär både risker och möjligheter inom Trafikverkets ansvarsområde.

Omfattningen av lagstiftning med koppling till Trafikverkets klimatanpassningsåtgärder är mycket begränsad. Den enda påtagliga lagstiftning som hittats är förändringarna i 3 och 9 kap i Plan- och Bygglagen (PBL). I 3 kap 5 § 7 p PBL framgår att kommunen i sin översiktsplan skall ge sin syn på risken för skador på den bebyggda miljön till följd av översvämning, ras, skred och erosion som är klimatrelaterade. Kommunen skall även ge sin syn på hur riskerna med klimatrelaterade skador skall minska eller upphöra. Av 9 kap 12 § 1 st. 3 i PBL framgår att det krävs marklov för åtgärder som kan försämra markens genomsläpplighet.

Trafikverkets första klimat- och sårbarhetsanalys kommer att följas av fler analyser i syfte att ge kontinuerligt förbättrade underlag för klimatanpassningen inom myndighetens ansvarsområde.

Ordlista

Ord	Förklaring
Anpassnings-åtgärder	Åtgärder som behöver genomföras inom ansvarsområdet för att myndighetsmålen ska nås. Kan även inkludera åtgärder utanför myndighetens egen rådighet.
Ansvarsområde	Ansvarsområde är detsamma som verksamhet och beskrivs i Trafikverkets instruktion.
Förhållande	En av klimateffekter beroende förändring med betydelse för tillgänglighet, säkerhet, miljö eller hälsa i transportsystemet. Förändringen är långsiktig och sker över året eller långsiktigt över flera år.
Händelsetyp	En av klimateffekter beroende händelse med betydelse för tillgänglighet, säkerhet, miljö eller hälsa i transportsystemet. Händelsen är övergående och varar från sekunder upp till veckor.
Klimateffekt	Förändringar i klimatet som påverkar förutsättningar för händelsetyper och förhållanden. Flera klimateffekter kan påverka en händelsetyp eller förhållande.
Merförseningstid	Sammanlagd försening för alla tåg som försenas efter en klimatrelaterad händelse (förseningar under 3 minuter räknas inte med).
Myndighetsmål	Mål som sätts rörande reducering av risker eller realisering av möjligheter.
Möjligheter	Kombinationen av sannolikhet och konsekvens för positiv påverkan.
Principer för arbete med klimatanpassning	Beskriver vägledande principer för arbete med klimatanpassning. Återfinns i Regeringens proposition 2017/18:163 Nationell strategi för klimatanpassning.
Prioriterade utmaningar	Klimateffekter som regeringen bedömer är extra angelägna. Återfinns i Regeringens proposition 2017/18:163 Nationell strategi för klimatanpassning.
Risker	Kombinationen av sannolikhet och konsekvens för negativ påverkan.
Återkomsttid	Med återkomsttid menas att en specifik händelse i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under den angivna tidsperioden.
Övergripande mål	Mål som är övergripande för myndighetens uppdrag eller ansvarsområde, kan exempelvis peka i vilken riktning myndigheten ska röra sig.

1. Introduktion

Den infrastruktur Trafikverket förvaltar och underhåller påverkas dagligen av väderlek och klimatrelaterade förhållanden. De förväntade klimatförändringarna förväntas ha stor inverkan på klimatfaktorer som temperatur och nederbörd. Årsmedeltemperaturen kommer att öka men inte likformigt i hela landet. Nederbörden kommer överlag att öka men den procentuella förändringen är inte likartad över landet. En större del av nederbörden kommer att falla som regn. Även havsnivån kommer att höjas, framförallt i södra Sverige där kompensations-effekten från landhöjningen är begränsad. Klimatförändringarna kommer att ändra förutsättningarna för att bedriva transporter med krav på samhällsekonomisk effektivitet och långsiktig hållbarhet.

Med dessa långsiktiga förändringar kommer transportsystemet i form av olika trafikslags infrastruktur, som är lokaliserade över hela landet, att påverkas på olika sätt och i olika omfattning. Nationella generaliseringar av klimatförändringarna kommer att vara av begränsat värde som underlag för anläggningsnära anpassningsåtgärder utan det är på sikt nödvändigt med regionala och lokala analyser. Klimatanpassningsåtgärder behöver vara nödvändiga, samhällsekonomiskt kostnadseffektiva och ur ett förtroendeperspektiv behöver de även vara tydligt beskrivna och motiverade.

Sedan 2019 gäller förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete för Trafikverket. Förordningen anger:

4 § En myndighet som anges i 1 § ska inom sitt ansvarsområde och inom ramen för sina uppdrag initiera, stödja och utvärdera arbetet med klimatanpassning. Om myndigheten förvaltar eller underhåller statlig egendom, ska myndigheten också anpassa den verksamheten till ett förändrat klimat.

6 § Arbetet med klimatanpassning ska omfatta att klimatförändringens påverkan på myndighetens verksamhet utreds i en klimat- och sårbarhetsanalys.

Analysen ska hållas aktuell genom att den ses över och uppdateras vid väsentliga förändringar i verksamheten eller minst vart femte år. Analysen ska identifiera bestämmelser i lagar och andra författningar som påverkar myndighetens arbete med klimatanpassning.

Förordningen tydliggör att Trafikverket ska klimatanpassa sin verksamhet inom sitt ansvarsområde. En stor del av Trafikverkets ansvarsområde ligger på förvaltande och underhåll av vägar och järnvägar. För att kunna klimatanpassa behöver Trafikverket också analysera klimatförändringens påverkan på sin verksamhet och på de vägar och järnvägar man förvaltar och underhåller.

1.1. Samhällsekonomisk effektivitet och transportpolitiska mål

Det övergripande målet för den svenska transportpolitiken är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktig hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet. Det övergripande målet har brutits ned i ett funktionsmål som omfattar tillgänglighet och ett hänsynsmål som omfattar säkerhet, hälsa och miljö. Detta

återspeglas i den senare delen av den första paragrafen i förordning (2010:185) med instruktion för Trafikverket:

1 § Trafikverket ska med utgångspunkt i ett samhällsbyggnadsperspektiv skapa förutsättningar för ett samhällsekonomiskt effektivt, internationellt konkurrenskraftigt och långsiktigt hållbart transportsystem.

*Trafikverket ska verka för att de transportpolitiska målen uppnås.
Förordning (2019:574).*

De klimatförändringar som förväntas fram till år 2100 i Sverige är betydande och kommer ställa krav på samhällets olika sektorer, inklusive transportsektorn och dess infrastruktur. Klimatförändringar kan direkt och indirekt påverka förhållanden och händelsetyper.^{1, 2} Det kan i sin tur påverka uppfyllelse av transportpolitiska mål och samhällsekonomiska värden vilket kan exemplifieras enligt:

- Om översvämningar och erosion blir vanligare som orsak till skador på banvallar och vägkroppar uppkommer både ytterligare reparationskostnader och förseningskostnader för drabbade transporter. De samhällsekonomiska kostnaderna återspeglar i detta fall framförallt minskad uppfyllelse av transportpolitiskt mål om tillgänglighet.
- Om bullerutbredningen från trafik förändras på grund av ändrade förhållanden i temperatur, vindar och snötäcke kommer det att påverka värderingen av buller både längs befintlig och planerad infrastruktur. Uppfyllelsen av det transportpolitiska hänsynsmålet påverkas vad gäller hälsa.
- Om fler människor omkommer och skadas i vägtrafikolyckor med älg och annat vilt på grund av att klimatförändringen gynnar större populationer kommer det att vara negativt för samhällsekonomin. Det ger minskad uppfyllelse av det transportpolitiska hänsynsmålet vad gäller säkerhet och miljö.

I Trafikverkets ASEK-rapport finns kalkylvärden som representerar värdet av olika faktorerers effekter med hänsyn till det övergripande målet om samhällsekonomisk effektivitet.³ Dessa värden kan även användas för att värdera olika faktorerers påverkan på uppfyllelse av enskilda transportpolitiska mål. I den samlade ASEK-rapporten finns också sedan 2018 ett avsnitt om klimatanpassning som är viktigt i Trafikverkets framtida arbete med klimatanpassning. Eftersom klimatförändringar kan leda till förändringar som bidrar till eller motverkar uppfyllelse av transportpolitiska mål är det viktigt att framhålla att ASEK innehåller värderingar av påverkan på tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa. Samhällsekonomisk effektivitet förutsätter att alla samhällsekonomiskt lönsamma åtgärder vidtas. Kostnads-nyttoanalyser behövs för åtgärder som syftar till att förebygga och minska risken för skador

¹ Förhållande. En av klimateffekter beroende förändring med betydelse för tillgänglighet, säkerhet, miljö eller hälsa i transportsystemet. Förändringen är långsiktig och sker långsiktigt över flera år.

² Händelse. En av klimateffekter beroende händelse med betydelse för tillgänglighet, säkerhet, miljö eller hälsa i transportsystemet. Händelsen är övergående och varar från sekunder upp till veckor.

³ Trafikverket: 2018: Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1. Rapport. 408 sidor. För text om klimatanpassning, se avsnitt 4.7.

på transportinfrastrukturen till följd av klimatförändringar. För förebyggande klimatanpassningsåtgärder av infrastrukturen bestäms den samhällsekonomiska lönsamheten av kostnaden för åtgärden i förhållande till inbesparing av förväntade framtida skadekostnader. En naturlig utgångspunkt är således att analysera kostnader för klimatförändringens effekter på infrastrukturen med och utan klimatanpassningsåtgärder som underlag för beslut om åtgärder kan motiveras.

De inbesparade förväntade framtida skadekostnaderna bestäms av den minskade skaderisk som åtgärden medför. Det är således angeläget att Trafikverket i sitt arbete med klimatanpassning beaktar kostnader och nyttor för både samhället som helhet samt för den egna myndigheten.

1.2. Trafikverkets arbete med klimatanpassning

Trafikverkets föregångare Banverket och Vägverket bidrog med analyser till Klimat- och sårbarhetsutredningen 2007 för järnväg respektive väg.⁴ Under 2014 tog Trafikverket fram en strategi för klimatanpassning som redovisade tre önskade lägen för klimatanpassningsarbetet:⁵

- Grundläggande förutsättningar samt ansvar och uppgifter för klimatanpassning är tydliggjorda och tillämpas.
- Klimatrelaterade risker identifieras, analyseras och reduceras fortlöpande som en integrerad del i underhåll, nybyggnad och ombyggnad av vägar och järnvägar.
- Akuta effekter av klimatets påverkan hanteras i ordinarie organisation.

I figur 1 beskrivs huvudsakliga steg kronologin i klimatanpassningsarbetet med vägar och järnvägar inklusive denna klimat- och sårbarhetsanalys.

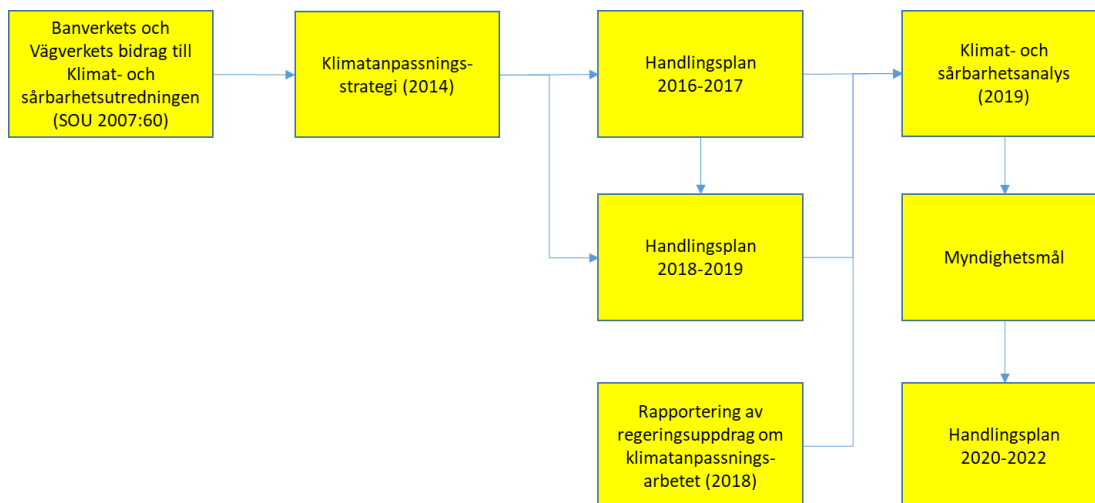
Sedan tidigare identifierade händelsetyper som påverkas av klimateffekter är ras, skred, översvämning, erosion och bortspolning. För att arbeta med dessa händelsetyper har Trafikverket tagit fram metodhandböckerna *Riskanalys vald vägsträcka* och *Riskanalys vald järnvägssträcka*.^{6, 7} Dessa syftar till att vara ett stöd för att inventera riskpunkter och risksträckor längs infrastrukturen. Hitintills har inventeringar gjorts längs vägnätet. I Nationell plan för transportsystemet 2018-2029 ingår riskreducerande åtgärder för klimatanpassning för såväl järnväg som för väg på totalt 2,5 miljarder kr. Exempel på åtgärder är erosionsskydd, utbyte av trummor och geotekniska förstärkningsåtgärder.

⁴ SOU 2007:60: [Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande](#). Bilaga B 1-B 5. 178 sidor. Redovisad länk anger bilagedel som redovisar transportinfrastruktur. Bilaga B 1 är Vägverkets rapport och bilaga B 2 är Banverkets rapport. I denna analys kallas rapporten Klimat- och sårbarhetsutredningen.

⁵ Trafikverket, 2017: [Trafikverkets strategi för klimatanpassning](#). Rapport. 8 sidor.

⁶ Trafikverket, 2017: Handbok. *Riskanalys vald vägsträcka*. Rapport. 72 sidor.

⁷ Trafikverket, 2019: Handbok. [Riskanalys vald järnvägssträcka](#). Rapport. 63 sidor.



Figur 1. Kronologi i Trafikverkets klimatanpassningsarbete med vägar och järnvägar. Även Banverkets och Vägverkets bidrag till Klimat- och sårbarhetsutredningen framgår.

Klimatanpassningsarbetet har på nationell nivå samlats till Verksamhetsområde Planering, Avdelningen Nationell planering. En nationell samt en regional samordningsgrupp för klimatanpassning tillsattes 2018 med en prövoperiod på två år. I samordningsgrupperna finns representanter för olika organisationsdelar inom Trafikverket. Syftet med grupperna är att samordna och utveckla klimatanpassningsarbetet genom bland annat erfarenhetsutbyte och identifiering av förbättringsbehov. Trafikverket arbetar även inom andra områden som berör klimatanpassning:

- Kontinuitetsplanering. Sårbara punkter och sträckor i infrastrukturen identifieras. I kontinuitetsplaneringen identifieras både brister och åtgärder i syfte att förebygga en allvarlig händelse eller att minska trafikala konsekvenser. Identifieringen av många sårbara punkter och sträckor baseras på riskanalyser som gjorts enligt Trafikverkets metodhandbok *Riskanalys vald vägsträcka*.⁸
- Risk- och sårbarhetsanalyser.⁹ Ambitionen är att i ökad grad ge utrymme för klimatförändringar och klimatanpassning i Trafikverkets risk- och sårbarhetsanalyser.
- Beredskapsplaner. Trafikverkets verksamhetsområden Underhåll och Trafik upprättar beredskapsplaner för yttre förhållanden längs järnvägen inför varje årstid.¹⁰ Efter årstiden sammanställs utfallet vad gäller trafikstörningar och underhåll i en uppföljningsrapport.
- Finansiering av forskning och innovation (FoI). Enligt Trafikverkets instruktion 2 § 7. ska man svara för forskning och innovation som motiveras av myndighetens uppgifter. Exempel på forskningsprojekt som Trafikverket finansierat gäller metod och effektsamband för identifiering, bedömning och prioritering av åtgärder för klimatanpassning av vägar och järnvägar. Andra exempel är analys av klimat-

⁸ Trafikverket, 2017: Handbok. Riskanalys vald vägsträcka. Rapport. 72 sidor.

⁹ Enligt 8 § i [Förordning \(2015:1052\) om krisberedskap och bevakningsansvariga myndigheter vid höjd beredskap](#).

¹⁰ Trafikverket: [Årstidsstyrda beredskapsplaner – järnväg](#) (hemsida).

förändringarnas effekt på broar. Behovet av FoI inom klimatanpassningsområdet har per definition ökat sedan Trafikverket pekats ut i förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete och behovet har identifierats i Trafikverkets forsknings- och innovationsplan.¹¹

- Utvecklingsprojekt inom klimat- och sårbarhetsanalys. Under 2019 har två regionala utvecklingsprojekt med fokus på klimat- och sårbarhetsanalys pågått i två av Trafikverkets regioner. I region Väst har man bedrivit utveckling av en metodik för att analysera risker för ras, skred och översvämningar med geografiska informationssystem (GIS). I region Stockholm genomförs en mer översiktlig analys av ras, skred och översvämningar för hela regionen.
- Trafikverket deltar i den av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ledda Arbetsgrupp naturolyckor. I en undergrupp inom arbetsgruppen är avsikten att under 2020 sammanställa metoder och underlag för beräkning av kostnader för naturolyckor samt kostnader för förebyggande åtgärder. Ansatsen omfattar både nutida och framtida klimat.
- En uppdaterad intern avvattningsrutin med krav och råd är för närvarande på internremiss där behovet av att beakta klimatförändringarna vid planering, dimensionering och utformning av åtgärder har tydliggjorts.

1.3. Syften och frågeställningar

Det **övergripande syftet** med denna och kommande klimat- och sårbarhetsanalyser är att utveckla Trafikverkets klimatanpassningsarbete. Ett **specifikt syfte** med denna första analys är att översiktligt beskriva och bedöma hur och var klimatförändringen påverkar statliga vägar och järnvägar genom att skatta om risknivåer ökar, minskar eller är oförändrade.

Analysen utgår från ett antal **frågeställningar** där den första frågeställningen tar avstamp i sårbarheten hos infrastrukturen och dess anläggningsdelar:

- Vilka klimatrelaterade händelsetyper och förhållanden påverkar anläggningsdelar i vägsystemet och järnvägssystemet?

För **respektive händelsetyp** och **förhållande** identifierades följande frågeställningar:

- Vilka climateffekter är styrande?
- Hur stor är risknivån i det nuvarande klimatet och var finns den geografiskt?
- Hur och var förändras climateffekter i det framtida klimatet?
- Hur och var förändras risknivån i det framtida klimatet?

¹¹ Trafikverket, 2020: Trafikverkets forsknings- och innovationsplan. För åren 2020-2025. Rapport. 60 sidor.

Förordningens påbud att identifiera **lagrummets utrymme för klimatanpassningsåtgärder** har resulterat i följande frågeställning:

- Vilka bestämmelser i lagar och andra författningar kan påverka Trafikverkets arbete med klimatanpassning?

1.4. Målgrupper

Trafikverkets första klimat- och sårbarhetsanalys bör ses som ett underlag för intern kunskapsspridning om klimatförändringar och klimatanpassning. Den ska också ligga till grund för myndighetens arbete med myndighetsmål och handlingsplan enligt förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete.¹²

Analysen och framtida analyser kan också vara av intresse för offentliga och privata aktörer inom transportsektorn.

1.5. Läsinstruktion

För att underlätta läsningen av klimat- och sårbarhetsanalysen ges här ett antal läsinstruktioner:

- Vissa meningar och ord har **fetmarkerats** för att betona viktiga delar i texten.
- Referenser är löpande lagda i **fotnoter** allteftersom de åberopas vilket innebär att de inte skrivs ut i den löpande texten. Vid digital läsning av rapporten har, där det är möjligt, **hyperlänkar till referenserna** lagts i fotnoterna. Hyperlänkarna var tillgängliga vid rapportens framtagande. Det finns även en referenslista i slutet av rapporten med samtliga använda referenser.
- Vad gäller det transportpolitiska hänsynsmålet delas det i rapporten upp i tre delmål om säkerhet, miljö och hälsa för att differentierat kunna beskriva konsekvenserna av olika händelsetyper och förhållanden.
- Bedömningarna av hur det framtida klimatet påverkar transportsystemet utgår från dagens transportsystem och omvärldsförhållanden med undantag för buller och luftföroreningar.¹³ Framtida trafikflöden, fordons tekniska egenskaper och politiska beslut kan påverka behov av samt utrymme för klimatanpassning.
- I analysen av olika händelsetyper har olika typer av kartor redovisats parallellt. I vissa fall används en karta för statistik av en händelsetyp och bredvid visas en karta för förväntad utveckling av en för händelsetypen styrande climateffekt. Möjligen kan man kombinera dessa visualiseringar i en och samma karta men det har bedömts att det skulle kunna bli svåröverskådligt. Nuvarande lösning gör att skalan i flera fall inte är densamma i de kartor som jämförs vilket vare sig är kartografiskt eller estetiskt optimalt. Eftersom Sveriges gränser framgår i alla använda kartor bör

¹² Enligt 8-10 § i [Förordning \(2018:1428\) om myndigheters klimatanpassningsarbete](#).

¹³ För buller och luftföroreningar är climateffekter i huvudsak modifierande för utbredning och spridning. Därför är det viktigt att använda existerande bedömningar för hur emissionerna kommer att förändras i framtiden.

jämförande orientering mellan kartorna ändå vara fullt möjlig. Vissa scenariokartor för climateffekter har beskurets för att kunna förstora upp kartan över Sverige.

- Rapporten innehåller vissa samhällsekonomiska värderingar av olika kostnader. Angivna värderingar kan antyda en hög noggrannhet men det understryks att analysen endast syftar till att ange ekonomiska storleksordningar.
- Vid återopande av förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete benämns den ibland enbart förordning (2018:1428) för att korta ner meningar och på så sätt göra dem mer lättlästa.
- Även om Trafikverket sedan flera år arbetat organiserat med klimatanpassning görs inga anspråk på att denna klimat- och sårbarhetsanalys är fullständig. Exempelvis har klimatförändringens effekter för sjöfart och luftfart inte analyserats i önskad omfattning.

1.6. Styrande dokument

De viktigaste styrande dokumenten för Trafikverkets klimat- och sårbarhetsanalys är:

- Nationell strategi för klimatanpassning.¹⁴
- Förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete.¹⁵
- Förordning (2010:185) med instruktion för Trafikverket.¹⁶

Nedan återges viktigare delar för respektive dokument.

Nationell strategi för klimatanpassning (Prop. 2017/18:163)

Regeringens nationella strategi för klimatanpassning (Proposition 2017/18:163) anger att regeringens mål för samhällets anpassning till ett förändrat klimat är att utveckla ett långsiktigt hållbart och robust samhälle som aktivt möter klimatförändringar genom att minska sårbarheter och tillvarata möjligheter. Målsättningarna om klimatanpassning i Parisavtalet och Agenda 2030 med de globala målen för hållbar utveckling ska också uppnås.^{17, 18} Vidare vill regeringen att klimatanpassningsarbetet bör bedrivas utifrån ett antal vägledande principer som exempelvis principer om hållbar utveckling, vetenskaplig grund, försiktighet, hantering av osäkerhet och transparens.¹⁹

I strategin framhålls vissa klimatrelaterade förändringar som särskilt viktiga att anpassa samhället till. Dessa prioriterade utmaningar är:

¹⁴ Regeringen, 2018: [Nationell strategi för klimatanpassning. Regeringens proposition 2017/18:163](#). Proposition. 98 sidor.

¹⁵ [Förordning \(2018:1428\) om myndigheters klimatanpassningsarbete](#).

¹⁶ [Förordning \(2010:185\) med instruktion för Trafikverket](#).

¹⁷ Regeringen, 2016: [Regeringens proposition 2016/17:16 Godkännande av klimatavtalet från Paris](#). Proposition. 52 sidor.

¹⁸ Regeringen, (okänt årtal): [Att förändra vår värld: Agenda 2030 för hållbar utveckling](#). 38 sidor.

¹⁹ Dessa principer presenteras och diskuteras närmare i kapitlet Diskussion.

- Ras, skred och erosion som hotar samhällen, infrastruktur och företag.
- Översvämningar som hotar samhällen, infrastruktur och företag.
- Höga temperaturer som innebär risker för hälsa och välbefinnande för människor och djur.
- Brist i vattenförsörjningen för enskilda, jordbruk och industri.
- Biologiska och ekologiska effekter som påverkar en hållbar utveckling.
- Påverkan på inhemsk och internationell livsmedelsproduktion och handel.
- Ökad förekomst av skadegörare, sjukdomar och invasiva främmande arter som påverkar människor, djur och växter.

Vad avser finansiering av klimatanpassningen anser regeringen att huvudprincipen är att kostnaderna för skydd av egendom ligger på egendomens ägare. Ansvaret för att förebygga och återställa skador på grund av extrema väderhändelser skiljer sig inte från ansvaret för annan riskhantering i samhället.

Förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete

Från 2019 gäller förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete som är styrande för klimat- och sårbarhetsanalysen enligt:

*6 § Arbetet med klimatanpassning ska omfatta att **klimatförändringens påverkan på myndighetens verksamhet** utreds i en **klimat- och sårbarhetsanalys**. Analysen ska hållas aktuell genom att den ses över och uppdateras vid väsentliga förändringar i verksamheten eller minst vart femte år. **Analysen ska identifiera bestämmelser i lagar och andra författningar som påverkar myndighetens arbete med klimatanpassning.***

Enligt förordningens 7 § ska klimat- och sårbarhetsanalysen ligga till grund för klimatanpassningsarbetets inriktning och utformning vad gäller myndighetsmål enligt 8-9 §. Om myndigheten förvaltar och underhåller statlig egendom, ska myndigheten också ta fram myndighetsmål för den verksamhetens anpassning till ett förändrat klimat.

En stor del av Trafikverkets verksamhet omfattar förvaltning, underhåll och byggnation av vägar och järnvägar vilka är statlig egendom. Den samhälleliga betydelsen av statliga vägar och järnvägar är mycket stor. Därför är det angeläget att Trafikverkets klimat- och sårbarhetsanalyser lägger stor vikt på anläggningens robusthet i förhållande till klimatförändringarna.

I arbetet med att nå myndighetsmålen ska en handlingsplan tas fram vars innehåll beskrivs (10 §). Handlingsplanen ska beskriva resurser, tillvägagångssätt, tidsramar och ansvarsfördelning i arbetet för att nå myndighetsmålen.

Förordning (2010:185) med instruktion för Trafikverket

I förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete anges att klimatanpassningen ska omfatta och avgränsas till myndighetens ansvarsområden och uppdragen:

4 § En myndighet som anges i 1 § ska inom sitt ansvarsområde och inom ramen för sina uppdrag initiera, stödja och utvärdera arbetet med klimatanpassning.

Samma förordning påtalar att klimatförändringens påverkan på myndighetens verksamhet utreds i en klimat- och sårbarhetsanalys. Det tolkas som att uppdrag i Trafikverkets instruktion, som direkt eller indirekt, berörs av klimatförändringarna bör beaktas i klimat- och sårbarhetsanalysen enligt:

6 § Arbetet med klimatanpassning ska omfatta att klimatförändringens påverkan på myndighetens verksamhet utreds i en klimat- och sårbarhetsanalys.

Trafikverket har ett mycket brett uppdrag och klimatanpassningsbehovet gällande flertalet paragrafer och ordalydelser har inte beaktats i denna analys utan bör behandlas i framtida analyser.

1.7. Stödjande dokument och källor

Förutom de styrande dokumenten ovan har flera andra dokument varit värdefulla i arbetet med att besvara klimat- och sårbarhetsanalysens olika frågeställningar:

- Klimat- och sårbarhetsutredningen.²⁰
- Trafikverkets strategi för klimatanpassning.²¹
- Trafikverkets interna rapporter från olika aktiviteter i klimatanpassningsarbetet.
- Rapportering av regeringsuppdrag om Trafikverkets klimatanpassningsarbete.²²
- Information på klimatanpassningsportalen www.klimatanpassning.se.²³
- Publika uppföljningsrapporter av årstidsrelaterad beredskap på järnvägen 2014-2019.²⁴
- Interna uppföljningsrapporter av avvikelser på väg under somrarna 2018 och 2019.

²⁰ SOU 2007:60: [Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande](#). Bilaga B 1-B 5. 178 sidor. Bilaga B 1 är Vägverkets rapport och bilaga B 2 är Banverkets rapport.

²¹ Trafikverket, 2017: [Trafikverkets strategi för klimatanpassning](#). Rapport. 8 sidor.

²² Trafikverket, 2018: [Regeringsuppdrag om Trafikverkets klimatanpassningsarbete](#). Rapport. 42 sidor.

²³ Syftet med webbplatsen www.klimatanpassning.se är att stödja olika aktörer i samhället i arbetet med klimatanpassning. Bakom webbplatsen står Myndighetsnätverket för klimatanpassning och den drivs och förvaltas av Nationellt kunskapscentrum för klimatanpassning vid SMHI.

²⁴ Trafikverket: [Årstidsstyrda beredskapsplaner – järnväg](#) (hemsida).

- SMHIs kartor med klimatscenarier.²⁵
- Trafikverkets svar till regeringen på Uppdrag att säkerställa beredskapen för vidmakthållande av statlig transportinfrastruktur vid omfattande skogsbränder eller extrema vädersituationer.²⁶
- Ett av Trafikverket finansierat forskningsprojekt om effektsamband för klimatanpassningsåtgärder.²⁷

1.8. Systembeskrivningar

Vägsystemet

Det svenska vägnätet består av allmänna vägar och enskilda vägar. De allmänna vägarna kan vara statliga eller kommunala. Det finns ca 98 500 km statliga vägar, ca 42 300 km kommunala vägar och ca 74 000 km enskilda vägar med statsbidrag. Av det statliga vägnätet är ca 18 400 km grusväg och ca 2 145 km är motorväg (exklusive av- och påfarter). Det statliga vägnätet omfattar ca 21 000 broar, 190 tunnlar och 39 färjeleder.

Järnvägssystemet

Sveriges järnvägsnät är drygt 15 600 spårkilometer. Av detta förvaltar Trafikverket ca 14 200 spårkilometer. Enkelspår utgör ca 9 000 spårkilometer och dubbel och flerspår resterande spårkilometer. Den allra största delen, omkring 80 procent, är elektrifierad järnväg. Det finns ca 4 000 järnvägsbroar och ca 165 tunnlar. Längs järnvägen finns också ca 15 000 spärväxlar varav ca 7 600 har uppvärmning.

Anläggningsdelar

Som ett led i Trafikverkets första handlingsplan identifierades olika anläggningsdelar som presenteras i tabell 1. Dessa delar är på olika sätt vitala för anläggningen eller verksamheten.

²⁵ SMHI: [Fördjupad klimatscenariotjänst](#) (hemsida).

²⁶ Trafikverket, 2018: [Svar till regeringen på Uppdrag att säkerställa beredskapen för vidmakthållande av statlig transportinfrastruktur vid omfattande skogsbränder eller extrema vädersituationer](#). Rapport. 54 sidor.

²⁷ VTI, 2019: [Metod och effektsamband för identifiering, bedömning och prioritering av åtgärder för klimatanpassning av vägar och järnvägar](#). Rapport. 128 sidor.

Tabell 1. Identifierade anläggningsdelar vid järnväg, väg, bro, tunnel, färjor och färjelägen.

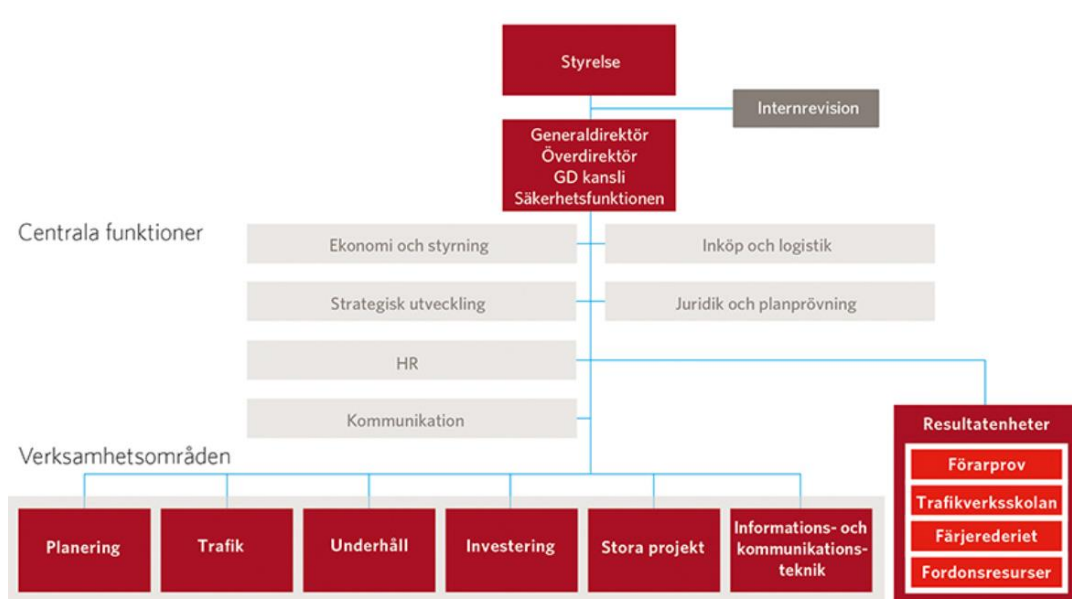
Anläggning	Anläggningsdelar
Järnväg	Byggnader innehållande elektrisk utrustning, ej fukt/värmetålig elektronik, anläggningar med åskskydd, friledningar, kontaktledning, spår, banvall, pumpstationer och avvattningsystem.
Väg	Väggkropp, pumpstationer, portaler, skyltar med stort vindfång, elektrisk utrustning och beläggning.
Bro	Grundläggningen, slänter, koner och lätta överbyggnader rörbroar. Långa broar med stora öppna ytor runt om och öppningsbara broar. Hängbroar, snedkabelbroar och bågbroar med konstruktionsdelar över vägbanan såsom hängare, kablar, båge, pyloner och tvärbalkar
Tunnel	Sprutbetong och ytförstärkning, bergskärningar och tunnelmynningar samt hela tunneln.
Färjor och färjelägen	Linfärjors vajerinfästningar i land samt styrvajer och framdrivningsvajer, betong och stålkonstruktioner, dykdalber, ramper, rampkrokar, elektriska hjälpsystem i land, elektronik för propelleraggregat och övrig driftsberoende elektronik.

Trafikverket

Trafikverket bildades 2010 och ansvarar för långsiktig planering av transportsystemet för samtliga trafikslag samt för byggande, drift och underhåll av statliga vägar och järnvägar. Trafikverket arbetar för en grundläggande tillgänglighet i den interregionala kollektiva persontrafiken genom bland annat upphandling av trafik. Trafikverket har ca 9 000 anställda med verksamhet över hela landet. Huvudkontoret finns i Borlänge och regionkontor i Luleå, Gävle, Stockholm, Eskilstuna, Göteborg och Kristianstad. Trafikverket är en myndighet under Infrastrukturdepartementet.

Centrala funktioner arbetar med ett övergripande ansvar för sitt område i hela Trafikverket. Funktionerna är Ekonomi och styrning, Strategisk utveckling, HR, Kommunikation, Inköp och logistik samt Juridik och planprovning. Trafikverket har sex **verksamhetsområden** (VO) som jobbar med inriktning mot planering, underhåll, trafik, genomförande av projekt (två VO) och informations- och kommunikationsteknik. Inom vissa verksamhetsområden finns en regional indelning med sex regioner indelade efter grupper av län. **Resultatenheterna** driver utpekade delar av verksamheten på affärsmässiga villkor. Färjerederiet ansvarar för vägfärjor och isvägar i hela landet och Förarprov ansvarar för genomförande av kunskapsprov och körprov. Fordonsresurser arbetar med fordonsförvaltning och hyr ut lok och vagnar. Trafikverksskolan har utbildningar inom väg och järnväg.

I figur 2 ges ett organisationsschema av Trafikverket följt av en kort beskrivning av myndighetens indelning av centrala funktioner, verksamhetsområden och resultatenheter.



Figur 2. Trafikverkets organisation med centrala funktioner, verksamhetsområden och resultatenheter.

1.9. Klimatförändringar

Klimatförändringarna är diversifierade och omfattande på både global och nationell nivå.²⁸ Jordens medeltemperatur har ökat betydligt under de senaste decennierna och i snabbare takt än under någon annan historisk period. Uppvärmningen är närmare en grad Celsius jämfört med förindustriell tid. Observerade förändringar av till exempel glaciärer eller havsis i Arktis stödjer bilden av den pågående uppvärmningen. En stor majoritet av det internationella forskarsamhället är överens om att den nuvarande globala temperaturhöjningen i huvudsak beror på människans utsläpp av växthusgaser. Hur stor den framtida uppvärmningen blir beror till stor del på utsläpp av växthusgaser, och hur snabbt utsläppen kan minskas. Även om utsläppen kraftigt skulle reduceras på kort tid skulle effekterna av tidigare års utsläpp märkas under många år framöver.

Den så kallade växthuseffekten brukar uttryckas med begreppet *Representative Concentration Pathways (RCP)* vilket anger hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden.²⁹ Det benämns strålningsdrivning och uttrycks som watt per kvadratmeter (W/m²). RCP-scenarierna benämns med den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100: 2.6, 4.5, 6.0 eller 8.5 W/m². SMHI har i huvudsak bearbetat sina klimatscenarier efter RCP 4.5 och 8.5. Beskrivningar av dessa två scenarier finns i tabell 2.

²⁸ Bedömningarna av olika climateffekter i detta avsnitt baseras i huvudsak på www.klimatanpassning.se. För grundvatten har beskrivning hämtats från SGU: [Effekter på föroreningar i mark och vatten av ett förändrat klimat](#).

²⁹ SMHI, 2015: [Vägledning för användande av klimatscenarier](#). Rapport. 70 sidor.

Tabell 2. Sammanställning av bedömda förutsättningar för RCP 4.5 och RCP 8.5. Källa: SMHI.

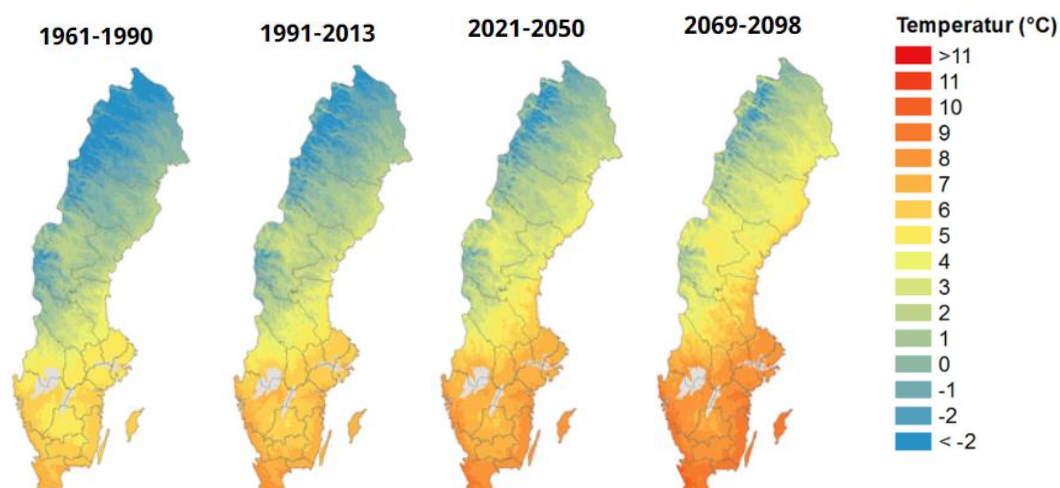
RCP 4,5	RCP 8,5
• Kraftfull klimatpolitik. • Lägre energiintensitet. • Omfattande skogsplanteringsprogram. • Lägre arealbehov för jordbruksproduktion, bland annat till följd av större skördar och förändrade konsumtionsmönster. • Befolkningsmängd: något under 9 miljarder. • Utsläppen av koldioxid ökar något och kulminerar omkring 2040.	• Koldioxidutsläppen är tre gånger dagens vid år 2100. • Metanutsläppen ökar kraftigt. • Jordens befolkning ökar till 12 miljarder vilket leder till ökade anspråk på betes- och odlingsmark. • Teknikutvecklingen mot ökad energieffektivitet fortsätter, men långsamt. • Stort beroende av fossila bränslen • Hög energiintensitet. • Ingen tillkommande klimatpolitik.

Den internationella forskningen om klimatet och dess utveckling ställs samman vart sjunde år av FNs klimatpanel IPCC (*The Intergovernmental Panel on Climate Change*). Nästa sammanställning kommer att bli klar år 2021.

Temperatur

För Sveriges del har det under den senaste 30-årsperioden blivit varmare under samtliga årstider. Den största temperaturökningen ses under vintern i norra Sverige. Minst ökning har observerats under hösten.

I framtiden förväntas störst ökning i temperaturer under vintern och de allra största förändringarna handlar om att perioder med utbredd kyla blir kortare och mycket mildare. Under sommaren kan perioder med värmeböljor bli vanligare och mer intensiva. Observerade och förväntade årsmedeltemperatur för olika perioder visas i figur 3.



Figur 3. Observerade och förväntade årsmedeltemperatur för olika perioder (RCP 4.5). Källa: SMHI.

Nollgenomgångar

En nollgenomgång sker då dygnets högsta temperatur två meter över marken varit över 0 °C och den lägsta temperaturen under samma dygn varit under 0 °C. Nollgenomgångar är allra vanligast i mellersta Sverige där det i genomsnitt blir 100-120 tillfällen per år.

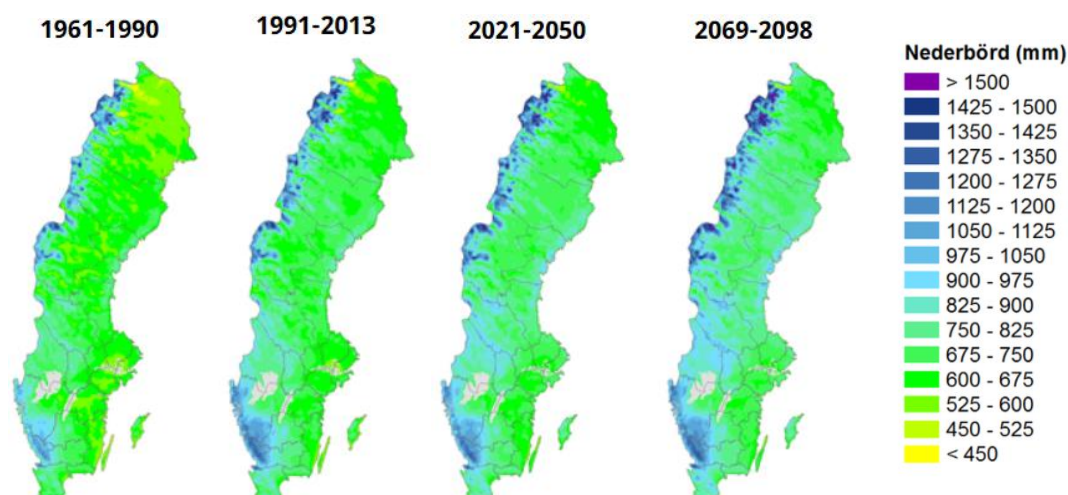
Nollgenomgångar är vanligast på våren men förekommer också på hösten och vintern.

Nollgenomgångarna kommer att minska till antalet i hela landet under höst och vår.

Vintertid kommer det att ske en minskning i antalet dagar med nollgenomgångar i landets södra delar men en ökning i mellersta och norra Sverige.

Nederbörd

Under den senaste 30-årsperioden har nederbörden i Sverige ökat för hela året, med störst ökning under sommaren. Under hösten har det varit både en svag ökning och en svag minskning, beroende på vilken del av landet som studeras. De västra fjälltrakterna får normalt de största mängderna. Andra områden med stor nederbörd är västsidan av Sydsvenska höglandet och ett område några mil innanför Norrlandskusten. Observerad och förväntad årsmedelnederbörd för olika perioder visas i figur 4.



Figur 4. Observerad och förväntad årsmedelnederbörd för olika perioder (RCP 4.5). Källa: SMHI.

I första hand pekar klimatscenarierna på ett framtida klimat med mer nederbörd i norra Sverige, särskilt under vinterhalvåret. Klimatscenarierna pekar också på kraftigare nederbördsextremer, både på korta tidsskalor i form av skyfall och i samband med lågtryckssituationer med mycket nederbörd över längre perioder.

Luftfuktighet

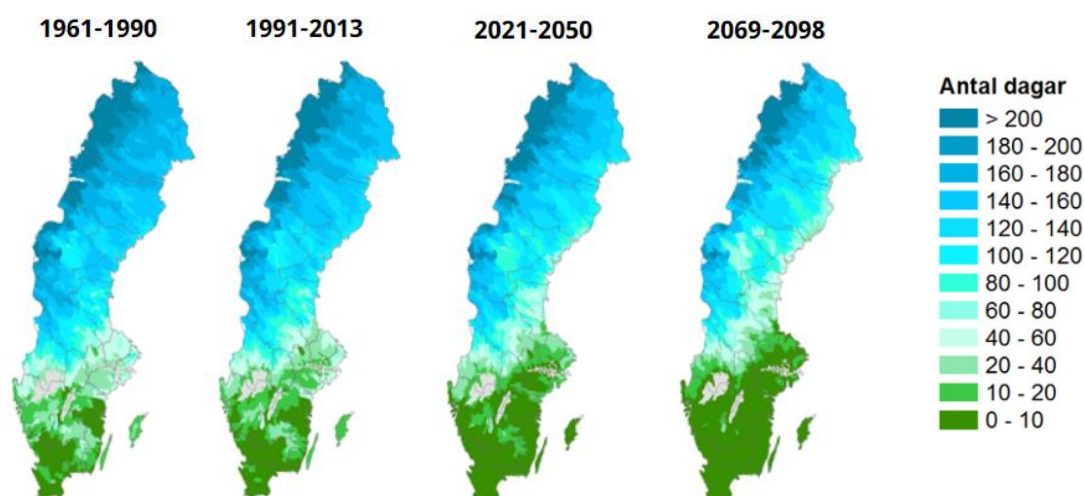
Luftfuktighet är andelen vattenånga i atmosfären. Resultat från klimatscenarier visar att det förväntas bli varmare i Sverige. Detta innebär att avdunstningen kommer att öka och därmed förväntas mängden vattenånga, den absoluta fuktigheten, också att öka i atmosfären vilket förstärker växthuseffekten ytterligare. När mängden vattenånga i atmosfären är större finns också risk för att nederbörden kan bli intensivare. Det råder osäkerhet om och hur den relativa fuktigheten kommer att förändras i framtidens klimat.

Snö

I de nordligaste fjälltrakterna bildas normalt det första snötäcket i början av oktober. På höglandet sker detta redan i september. Närmast hav och större sjöar är temperaturen förhållandevis hög under hösten och förvintern, varför kusttrakterna som regel är snöfattiga i början av vintern.

I och med klimatförändringarna beräknas snötäckets varaktighet att minska, och i de södra delarna kommer det troligtvis att bli ovanligt med något varaktigt snötäcke.

Snöförhållandena beror både på vinternederbörden och på temperaturen. Med stigande temperatur blir snösäsongen därför både kortare och det maximala snötäcket mindre tjockt, trots ökad vinternederbörd. Observerade och förväntade antal dagar med ett snötäcke med minst 20 mm vatteninnehåll för olika perioder visas i figur 5.



Figur 5. Observerade och förväntade antal dagar med ett snötäcke med minst 20 mm vatteninnehåll (RCP 4.5). Källa: SMHI.

Vind

Klimatscenarier ger inga tydliga svar på hur vinden kan komma att förändras i ett framtida klimat på Sveriges breddgrader. Komplexa förhållanden och samband styr stormarnas banor, styrka och frekvens. En varmare havsytta och mer vattenånga i atmosfären gynnar utvecklingen av stormar. Samtidigt kan denna uppvärmning leda till minskade skillnader mellan varma och kalla luftmassor och det motverkar utvecklingen av intensiva stormar. Det kan i sin tur motverka uppvärmningens förstärkande inverkan på stormarnas utveckling. De lågtryckssystem som kan utvecklas till stormar förväntas generellt minska i antal på norra halvklotet i ett varmare klimat. Regionalt är det svårt att från scenarierna dra slutsatser om förändringar i Sverige och dess närområde som överstiger den variabilitet som finns naturligt i systemet idag. Det betyder att det även i framtiden kommer att finnas mer eller mindre stormrika år eller årtionden och att detta troligen inte kommer att skilja sig väsentligt från hur det förhåller sig i dagens klimat.

Grundvatten

Förändringar i temperatur och nederbörd påverkar den mängd grundvatten som bildas. Den största förändringen i framtiden förväntas ske under vinter och vår med höjda grundvattennivåer i norra Sverige. Södra Sverige kan få lägre lägstanivåer. Grundvattnet

börjar sjunka tidigare under året, samtidigt som tidpunkten när grundvattenbildningen börjar på hösten senareläggs. Detta hänger samman med en förväntad förlängning av vegetationsperioden. Mer nederbörd och större översvämningar kan också påverka grundvattnet med ökat inflöde av ytvatten.

Vattenflöden

I ett framtida klimat väntas flödena i vattendragen både öka och minska. Ändringen varierar mellan olika delar av landet och mellan olika årstider. Variationerna är idag olika för olika delar av landet, och varierar naturligt över året. I norr är det högvatten i samband med snösmältning och lågvatten under vintern. I söder inträffar även högvatten på senhösten i samband med regn och här är det ofta lågvatten på sommaren på grund av hög avdunstning och/eller liten nederbörd.

Förändringar i vattenflöden beror till stor del på hur nederbörden förändras, men även på temperaturförändringar som påverkar snösmältning och avdunstning. I landets södra delar väntas mycket av vinternederbörden falla som regn istället för snö. Det leder till att vattenflödena under vintern beräknas öka och att vårfloden blir mindre tydlig eller uteblir helt. Även i de norra delarna av landet kan vårfloden bli lägre och komma tidigare. Under somrarna däremot visar klimatscenarierna på lägre vattenflöden och längre perioder med låga flöden. I sydöstra delen av landet väntas problem till följd av låga vattenflöden att bli vanligare.

Vattennivåer i sjöar

Det som främst styr vattennivåer i sjöar är hur mycket vatten som rinner till och från sjön, hur mycket regn som faller direkt på sjöns yta och hur mycket vatten som avdunstar. Markens förmåga att infiltrera vatten har betydelse för tillrinningen. Hög markfuktighet sedan tidigare eller tjäle kommer att leda till snabb tillrinning. Många sjöar är reglerade och då påverkas nivåerna av de regler som styr vattenhushållningen. Det går inte att ge något generellt svar på frågan hur vattennivåer i sjöar kommer att förändras i ett framtida klimat. En del sjöar kan komma att få högre vattennivåer medan andra sjöar, främst i sydöstra Sverige, kan få problem med låga vattennivåer. Årstidsvariationerna kan också komma att förändras.

Havsnivåer

Den förväntade förändringen av havets globala medelvattenstånd påverkar de svenska kusterna i olika grad. I ett varmare klimat stiger havets medelnivå successivt. Det beror främst på att havet blir varmare och utvidgas men även på att glaciärer och landisar smälter. Effekterna av den globala havsnivåhöjningen blir mest märkbara i södra Sverige, där landhöjningen är mycket liten. Vattenståndet längs Sveriges kuster har stigit med drygt 25 cm sedan slutet av 1800-talet, motsvarande 2 mm/år. Mätningarna visar på att stigningstakten har accelererat under de senare åren.

Längs Sveriges kuster inträffar kraftiga höjningar av vattenståndet främst under höst- och vinterhalvåret och sådana högvattenhändelser kommer att inträffa även i framtiden. Viktigt att tänka på är att dessa händelser sker med medelvattenståndet som utgångspunkt. Det betyder att om medelvattenståndet stiger ett antal decimeter i framtiden blir den faktiska havsnivån vid en högvattenhändelse lika mycket högre.

Is på hav och sjöar

Större sjöar isläggs i regel senare än små sjöar, eftersom de avkyls långsammare under hösten och är mer vindutsatta. I sjöar där observationer av isläggning och islossning har pågått många år kan märkas en tendens till att isläggningen kommer senare och islossningen tidigare. För framtiden förväntas perioden med istäcke på sjöarna förkortas ytterligare. Antalet år som är isfria ökar också.

Torka

Långvariga perioder med liten eller ingen nederbörd kan medföra att det uppstår vattenbrist och att växtligheten hämmas. Konsekvenserna förvärras om temperaturen samtidigt är hög, eftersom avdunstningen då är stor. Det är framförallt de östra delarna av Götaland och Svealand som drabbats hittills. Torka och sänkt grundvattennivå kan också leda till sättningar.

I framtiden kan vattentillgången komma att förändras. Klimatscenarierna pekar på en minskning i stora delar av södra Sverige. Den minskade vattentillgången beror främst på att växter kommer att förbruka mer vatten, eftersom växtsäsongen förlängs i ett varmare klimat.

Vegetation

Den period under året då det är tillräckligt varmt och fuktigt för att växterna ska växa brukar kallas vegetationsperiod.³⁰ I norra Sverige har vegetationsperiodens längd ökat med ungefär två veckor under de senaste 40 åren. Även i södra Sverige har längden av vegetationsperioden ökat, särskilt det senaste årtiondet.

Vegetationsperioden förväntas bli längre i hela landet i framtiden. Artsammansättningen av vegetation kommer också att kunna förändras.

³⁰ Vegetationsperioden brukar definieras som den del av året då dygnsmedeltemperaturen överstiger ett visst gränsvärde. Temperaturgränsen är beroende på växtslag, men oftast lägger man gränsen mellan +3°C och +5°C. Källa: www.klimatanpassning.se

2. Ansats

2.1. Avgränsning och fokusering

Klimat- och sårbarhetsanalysen har följande avgränsningar och fokuseringar:

- **Analyserade händelsetyper och förhållanden.** Analysen innehåller händelsetyper och förhållanden som troligen förändras av klimateffekter i framtiden och kan påverka uppfyllelse av transportpolitiska mål och samhällsekonomiska värden. Ambitionen har också varit att analysera händelsetyper och förhållanden där osäkerhet råder om de kommer att förändras eller inte oavsett om det beror på komplexitet i bedömningen eller bristande kunskapsläge.³¹
- Händelsetyperna **ras, skred, översvämning, erosion** och **bortspolning** är viktiga att analysera men det görs inte här i någon större omfattning. Skälet till det är att Trafikverket sedan flera år redan har ett etablerat arbete med att inventera och analysera risker från dessa händelsetyper. Nämnvärt i sammanhanget är att Statens geotekniska institut (SGI) och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) i juni 2019 fick ett regeringsuppdrag att identifiera områden i Sverige där det finns risk för klimatrelaterade ras, skred, erosion och översvämningar. Uppdraget innebär också att beskriva sannolikheter för och samhällsekonomiska konsekvenser av dessa händelsetyper. Uppdraget ska senast slutrapporteras i maj 2021. Det innebär att ytterligare kunskap tas fram för dessa händelsetyper.
- **Geografiskt** är analysen huvudsakligen nationell med en strävan efter att peka på regionala skillnader i förändringar mellan nutida och framtida klimat.
- **Tidsperiod.** Analysen sträcker sig fram till år 2100. Dels är det den bortre gränsen för SMHIs beräkningar av olika klimateffekter. Dessutom har livslängden på många av Trafikverkets anläggningar en teknisk livslängd som når den senare delen av detta sekel och även in i nästa sekel. Någon tydlig skillnad mellan begreppen nuvarande klimat och framtida klimat är svår att göra eftersom klimatet gradvis förändras över tid.³²
- **Klimatscenario** RCP 4.5 och RCP 8.5. Det är dessa klimatscenario som SMHI tillhandhåller nationella och regionala kartor för. Trafikverkets hållning är att i

³¹ Vissa händelsetyper har enbart påverkat infrastrukturen eller trafiken vid något eller några enstaka tillfällen eller inte alls samt att de varit begränsade till enstaka områden eller lokaler. Exempel är vinderosion, slasklavin, islossning, saltstorm och isstorm. Vissa förhållanden är mer svåra att mäta eller upptäcka som förändringar i artrikedom eller inslag av invasiva arter längs vägars och järnvägars sidoområden. Likväl anses det befogat att sådana händelsetyper och förhållanden beaktas i det framtida klimatanpassningsarbetet eftersom osäkerheterna ofta är betydande vad gäller deras utveckling.

³² Noterbart är att den senaste klimatperioden 1961-1990, som per definition representerar det nuvarande klimatet, inte är representativ för den utveckling vi sett under efterföljande period vad gäller temperatur, nederbörd och snötäcke. Nästa klimatperiod omfattar 1991-2020.

huvudsak utgå från RCP 4.5 med undantag för bedömningar av havsnivåhöjning där RCP 8.5 används.

- **Trafikverkets instruktion.** Analysen har fokuserat på ett begränsat urval av ansvarsområden som omnämns i förordning (2010:185) med Trafikverkets instruktion. Dels gäller det 1 § om byggande, drift och underhåll av statliga vägar och järnvägar. Ett beaktande sker också av 7 § i instruktionen gällande förorenad mark. Första delen i 6 § i förordning (2018:1428) om myndigheters klimat-anpassningsarbete anger indirekt att varenda paragraf och ordalydelse i Trafikverkets instruktion om möjligt bör analyseras utifrån ett klimatanpassnings-perspektiv. Någon djupare och bredare analys än den som nu föreligger har inte varit möjlig.
- **Statlig infrastruktur.** En avgränsning har gjorts till vägar och järnvägar där staten genom Trafikverket är driftansvarig. Trafikverkets vägfärjor, färjelägen och isvägar ingår som en del av det statliga vägnätet. Det kommunala vägnätet analyseras inte.

Följande beaktas **inte** närmare i analysen:

- **Trafikverkets byggnader.** De byggnader som Trafikverket äger är statlig egendom och är således rimliga att beakta i klimat- och sårbarhetsanalysen enligt förordning (2018:1428). Trafikverkets byggnader kan förenklat sägas vara av två skilda typer. Dels finns driftledningscentraler som är mycket viktiga för trafikledning och information. Eftersom de är sekretessklassade ingår de inte i analysen. Dessutom finns enklare byggnader som exempelvis lokstall som inte ansetts vara tillräckligt viktiga för att ingå i analysen. Perronger och rastplatser berörs inte. De kontor som Trafikverket bedriver sin verksamhet vid hyrs på kontrakt och är inte ägda av Trafikverket.
- **Hamnar och kommunala farleder för handelsfartyg.** Kommunala hamnar och farleder är viktiga noder och beståndsdelar i transportkedjan mellan sjöfart och väg- respektive järnvägstransporter och har en självklar del i den långsiktiga infrastrukturplaneringen. Hamnarnas och farledernas skiftande karaktär, geografiska position och diversifierade ägarskap gör det rimligt att delar av ansvaret för analys av klimatanpassningsbehovet ligger hos hamnarna själva. En identifierad händelsetyp vars risk ökar med havsnivåhöjning är stormfloder som beskrivs i ett eget avsnitt.³³
- Verksamheten inom **Verksamhetsområde informations- och kommunikationsteknik (IKT).**
- **Kulturmiljö.** Trafikverkets ansvar att bevara värdefulla kulturmiljöer längs vägar och järnvägar innebär att direkt och indirekt påverkan av klimatförändringen måste beaktas. Ökad vägsaltning kan korrodera äldre räcken, skulpturer och armaturer samt skada växtlighet som exempelvis träd i alléer. Frostsprängning i ett fuktigare klimat med fler nollgenomgångar kan påverka konstruktioner som stenvälsbroar och beläggningar. Klimatförändringar medför en ökad nedbrytningshastighet av fynd

³³ FOI, 2017: [Höga havsnivåer och översvämningar](#). Rapport. 105 sidor.

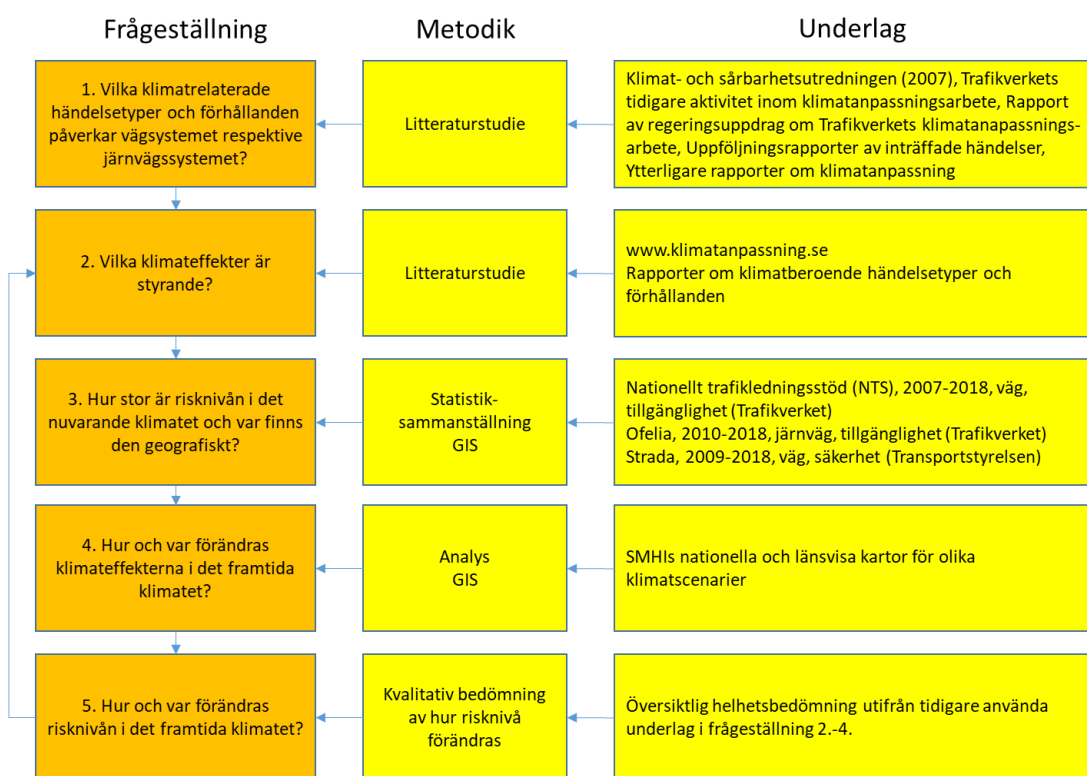
som innehåller information om tidigare landskap och miljöer kring kulturhistoriska platser. För närvarande pågår ett av Trafikverket finansierat forskningsprojekt som mer i detalj inventerar klimatförändringens effekter på kulturmiljön längs vägar och järnvägar.

2.2. Genomförande

Analysen har skrivits av Markus Lundkvist, verksamhetsområde Planering, avdelningen för nationell planering, enheten för nationell samhällsplanering. GIS-kartor har tagits fram av Emilie Arnesten, verksamhetsområde Underhåll.³⁴ Den centrala funktionen för Juridik och planprövning har identifierat vilka lagar och bestämmelser som ger utrymme för eller begränsat klimatanpassningsåtgärder inom Trafikverkets rådighet.

2.3. Metodik och dataunderlag

Metodiken för respektive frågeställning samt vilket underlag som använts redovisas i figur 6. För kunskap om händelsetyper och förhållanden har information hämtats från litteratur, databaser och i kommunikation med sakkunniga på Trafikverket, SMHI, Naturvårdsverket och Sveriges Lantbruksuniversitet. Sakkunniga gav kunskap om statistik, klimateffekter och osäkerhet i bedömningar. För flertalet händelsetyper och förhållanden har sakkunniga fått granska utkast inom sina expertområden och lämna synpunkter.



Figur 6. Metodik och i förekommande fall underlag som använts för respektive frågeställning. Notera att frågorna 2 till 5 ställs för varje identifierad händelsetyp och förhållande.

³⁴ Geografiska InformationsSystem.

SMHIs klimatscenarier användes som underlag för att ge en uppfattning om klimateffekterna i det framtida klimatet. För flera klimateffekter har SMHI upprättat scenariokartor som tillgängliga på SMHIs hemsida där det går att byta klimateffekt och utsläppsscenario (RCP).³⁵ För regionala analyser finns särskilda analysrapporter för varje län med kartor och beskrivande text av de klimatförändringar som väntar.

Följande databaser och källor har använts för att skatta en risknivå för olika händelsetyper och förhållanden och i vilka delar av landet som risker kan tänkas vara lokaliserade.

- Trafikverkets databas Nationellt trafikledningsstöd (NTS) för perioden 2007-2018. I databasen finns dokumenterade totalstopp längs vägars ena eller båda körriktningar.³⁶ Databasen anger förutom orsak antalet avstängda körriktningar, position, tid och varaktighet av stopp. Dessutom anges det genomsnittliga trafikflödet längs vägsträckan. Händelsetyper som dokumenterats i databasen är fallande träd och översvämningar. Fritextsökningar gav information om snödrev, brostängningar på grund av vind och viltolyckor.
- Trafikverkets databas Ofelia för avvikande händelser på järnväg under perioden 2010-2018. Databasen ger händelsetyp och bakomliggande orsaker. Konsekvensen av händelser uttrycks i merförseiningstid.³⁷ Händelsetyper som analyserades var rälsbrott, solkurvor, snö och is i växlar, signalfel, kontaktledningsfel och viltolyckor. Dessutom hämtades data om ras, skred, översvämningar, erosion och bortspolning men dessa kunde inte särskiljas utan behandlades som en grupp. Uttag baserades både på koder för händelsetyper och fritextsökning.
- Transportstyrelsens databas Strada (*Swedish Traffic Accident Data Acquisition*) för vägtrafikolyckor, rapporterade av polisen för perioden 2009-2018. Data användes för att analysera frekvens och lokalisering av olika klimatrelaterade orsaker till olyckor som exempelvis ljusförhållanden, dimma och halka. Databasen anger också utfallet av personskador för respektive händelse enligt antal döda, antal svårt skadade och antal lindrigt skadade. Data rapporterade av sjukvården användes inte.
- Trafikverkets interna utredningar för järnvägsolyckor.
- Trafikverkets årtidsvisa rapporter för uppföljning av händelser längs järnväg.
- Trafikverkets interna uppföljningsrapporter av händelser som drabbat vägar under sommaren 2018 och 2019.

Förändring i risknivå för respektive händelsetyp och förhållande bedömdes utifrån hur styrande klimateffekter förändras. För några händelsetyper användes GIS för att visualisera var händelser inträffat. Kartor över inträffade händelser jämfördes med kartor för scenarion av styrande klimateffekter för att få en uppfattning om geografisk förändring i risknivå.

³⁵ SMHI: [Fördjupad klimatscenariotjänst](#) (hemsida).

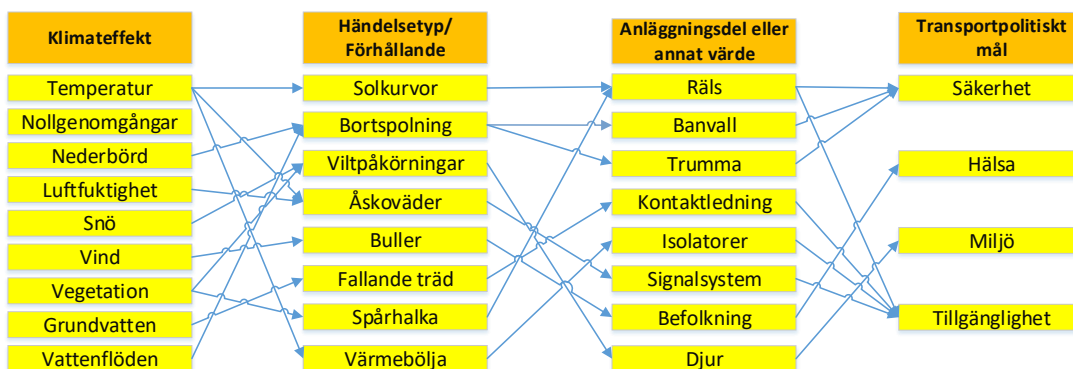
³⁶ Trafikverket, 2011: Nationellt trafikledningsstöd, NTS. Faktablad. 2 sidor.

³⁷ Sammanlagd förseining för alla tåg som försenas efter en klimatrelaterad händelse (förseiningar under 3 minuter räknas inte med).

3. Resultat - Analys

I detta kapitel beskrivs ett stort antal händelsetyper och förhållanden som förväntas påverka Trafikverkets uppdrag om byggande och drift där respektive beskrivning omfattar: 1) Händelsetypen/förhållandet med dess klimatrelaterade förutsättningar, 2) Risknivån längs vägar och järnvägar som orsakas av händelsetypen eller förhållandet i det nutida klimatet samt 3) Bedömning av hur klimatförändringarna kommer att påverka risknivån.

I figur 7 ges samband mellan klimateffekter som påverkar inträffande av händelsetyper och förhållanden som i sin tur påverkar anläggningsdelar och transportpolitiska mål. Exempelen är förenklade och visas för ett urval av komponenter för järnvägssystemet. Ett exempel är att en hög grundvattenyta kan öka benägenheten hos träd att falla mot kontaktledningen som leder till förseningar vilket minskar uppfyllelse av det transportpolitiska målet tillgänglighet.



Figur 7. Urval av förenklade samband mellan klimateffekt, händelsetyp/förhållande, anläggningsdel eller annat värde och uppfyllelse av transportpolitiska mål.

Nedan har händelsetyper och förhållanden på ett förenklat sätt strukturerats efter hur klimateffekter styr utbredning av trafikeffekter eller var klimateffekterna genereras.

3.1. Trafik

Buller

Buller är ljud som upplevs som störande av människor. Buller påverkar välbefinnandet och hälsan på många sätt. Trafikbuller kan leda till en rad besvär såsom allmän störning, försämrad talförståelse, nedsatt inlärning och prestation och sömnstörningar. Om man utsätts för buller under en längre tid kan det även ge negativa hälsoeffekter som till exempel ökad risk för hjärt-och kärlsjukdom. Trafikbuller beräknas ge upphov till ca 1 000 hjärtinfarkter och 1 000 fall av stroke per år i Sverige. Ca 500 av dessa leder till dödsfall.³⁸

Buller som genereras från vägtrafiken kommer från fordonens motorer och kontaktytan mellan däck och vägbana. Trafik på blöta vägbanor genererar mer buller. Tågbuller genereras framför allt av kontakten mellan hjul och räls, så kallat rullningsljud. Ljudbilden

³⁸ WSP, Karolinska Institutet och Umeå Universitet., 2016: [Metod för DALY-beräkningar i transportsektorn](#). Rapport. 126 sidor.

påverkas också av tågens motorer, bromssystem och aerodynamiska egenskaper samt spårens utformning.

Hur buller sprids beror bland annat på topografi och klimatberoende parametrar som markförhållanden och väder.³⁹ Asfalt, betong och vatten reflekterar ljudet och sprider det vidare, medan en gräsyta eller skogsmark dämpar. Även snö dämpar ljuden medan regn gör att bullret från en väg ökar. Vindförhållanden, temperatur och temperaturskiktningar har betydelse för spridningen av buller. Ljud sprids längre i medvind och i kallt och klart väder når ljudet från trafik mycket längre än när det är varmt.⁴⁰

Det finns inga beräkningar vad gäller förändringar av bullerutbredning i framtiden till följd av klimatförändringar. En rad parametrar kommer att påverka både emissioner, spridning och exponering för buller. Emissionerna kommer att påverkas av fordons- och trafikutveckling. Ökad användning av elbilar, minskad användning av dubbdäck och ett transportsnålt samhälle kan leda till minskade bulleremissioner. Spridningen av bullret kan komma att förändras till följd av ändrade lokala väderleksförhållanden som till exempel kortare perioder av snötäckt mark och ändrade vindförhållanden. Exponeringen är också beroende av bebyggelseutveckling och utveckling av transportsystemet. Antalet personer som exponeras för vägtrafikbuller år 2030 har beräknats utifrån två olika trafikscenarios, trafik enligt basprognoser eller enligt klimatscenario 3.⁴¹ Dessa beräkningar påvisar att antalet bullerexponerade både kan öka eller minska, beroende på hur samhället och transportsystemet utvecklas.

Eftersom buller från väg- och spårtrafiken redan idag orsakar många dödsfall och mycket sjuklighet är det viktigt med ökad förståelse för hur klimatförändringar, och de åtgärder som vidtas för att minska klimatförändringarna, kommer att påverka både emission och utbredning av buller.

Vibrationer

Trafik på järnväg och väg, främst godstrafik, kan ge upphov till störningar och obehag för dem som bor nära spåret eller vägen.⁴² Kraftigast vibrationer blir det när tunga godståg passerar över områden med lera och vattenmättad mark. Kraftiga markvibrationer i samband med tågtrafik förekommer dock vid ett relativt begränsat antal bansträckor i Sverige.⁴³ Den som utsätts för vibrationer kan drabbas av sömnstörningar, insomningsproblem, koncentrationssvårigheter eller allmän trötthet.

I samband med höga grundvattenytor i framtiden skulle problem kunna öka med vibrationer nära vägar och järnvägar.

³⁹ Trafikverket: [Fakta om buller och vibrationer](#) (hemsida).

⁴⁰ SMHI: [Hur långt kan vi höra?](#) (hemsida).

⁴¹ Trafikverket, 2018: [Exponerade för vägtrafikbuller år 2030. Trafik enligt basprognoser eller enligt klimatscenario 3](#). Rapport. 38 sidor.

⁴² Trafikverket: [Fakta om buller och vibrationer](#) (hemsida).

⁴³ En karta över vibrationer från tågtrafik finns i Västra Götalandsregionen, 2016: [Vibrationer inomhus från trafik](#). Rapport. 26 sidor.

Luftföroreningar

Luftföroreningar från vägtrafiken uppstår dels vid ofullständig förbränning i motorerna, dels som slitagepartiklar från däck, väg och bromsar. Trots att utsläppen minskat är vägtrafiken fortfarande en betydande källa till de luftföroreningar som har negativa effekter på människors hälsa och miljön. Problemen ur hälsosynpunkt är störst i tätorter där det är mycket trafik, sämre omblandning av luften och många människor blir exponerade. Järnvägstrafik har dock liten påverkan på utomhusluften.

Beslutade krav och styrmedel, exempelvis stadsmiljöavtal för ökad andel cykel och kollektivtrafik i tätorter samt emissionskrav på fordon, förväntas minska utsläppen från avgaser avsevärt till 2035 och framöver.⁴⁴ Däremot förväntas utsläppen av slitagepartiklar öka, då de följer trafikarbetets utveckling. Elektrifiering kan också ge högre utsläpp av slitagepartiklar då elfordon generellt är tyngre. Problemen med slitagepartiklar kommer troligen vara störst i tätorter där vi tillsammans med en stor trafikmängd har en förväntad utveckling med ökad befolkning, urbanisering och förtätning.

Ett förändrat klimat har en sekundär påverkan på luftkvaliteten här i Sverige, i alla fall på kortare sikt. Förändringar i trafikmängd och utsläpp genom olika styrmedel och åtgärder främst för att nå ett transporteffektivt samhälle har en större direkt påverkan. Ökad nederbörd kan dock ge fuktigare vägbanor som bättre binder slitagepartiklar och mikroplaster. Det kan innebära en viss omförflyttning av föroreningar från luft till dagvatten. Dock kan längre perioder av torka ha motsatt effekt. Ett varmare klimat kan leda till minskad dubbdäcksanvändning vilket är positivt vad gäller slitagepartiklar.

3.2. Atmosfären

Vindar

Vindar kan störa trafik men det är sällan att vind i sig skadar infrastruktur. Vindar kan exempelvis bidra till snödrev, laviner, fallande träd och stormfloder och dessa händelser beskrivs i egna avsnitt. Här beskrivs endast direkta effekter av vindar.

Broar kan behöva stängas vid för kraftiga vindar vilket har drabbat Uddevallabron, Tjörnbron, Älvsborgsbron och Ölandsbron vid ett antal tillfällen. På järnvägssträckor som inte är trädsäkrade ställs trafik in i samband med varningar för kraftiga vindar. Vägfärjor kan också påverkas av vindar. Färjerederiets längsta färjeled, Holmöleden mellan Norrskär och Holmön i Kvarken norr om Umeå är särskilt exponerad för vindar och turer måste ibland ställas in.

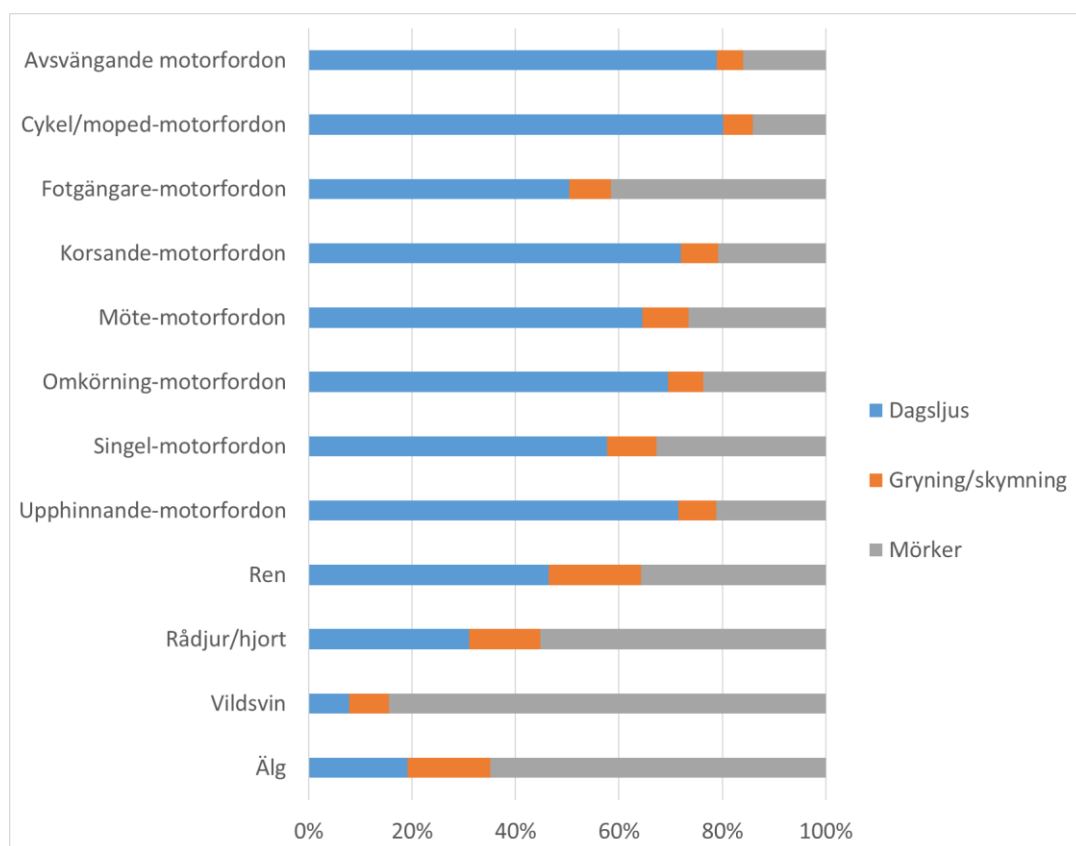
Förväntade förändringar vindklimatet är marginella. Problem som uppstår i dagens klimat förväntas i motsvarande omfattning i det framtida klimatet.

Ljusförhållanden

Ljusförhållanden längs vägar påverkar både framkomlighet och säkerhet. Då nederbörden i form av regn kommer att öka i det framtida klimatet är det rimligt att förvänta förlängda

⁴⁴ Trafikverket 2020: [Gapanalys. Skillnaden mellan förväntad utveckling av transportsystemet och målbild 2030](#). Rapport. 86 sidor.

perioder av blöta och mörka vägbanor. I flera områden kommer snötäcke att bli mindre vanligt och det kan också bidra till sämre ljusförhållanden längs vägar. Ett ökat inslag av lövskog på bekostnad av barrskog bör i viss mån motverka mörker under gryning och skymning, i synnerhet vintertid då löven fallit. Många gånger anpassas hastigheten till sikten men likväl finns skillnader i ljusförhållanden vad gäller inträffade olyckor. Ett urval av ljusförhållanden för olika olyckstyper redovisas i figur 8.



Figur 8. Fördelning av rapporterade ljusförhållanden vid olika olyckstyper. Hänsyn till eventuell vägbelysning har inte tagits. Källa: Transportstyrelsen, Strada 2009-2018.

Även om dokumentationen av ljusförhållanden inte beaktar eventuell belysning och sannolikt innehåller en viss godtycklighet bör statistiken ge en indikation på vilka olyckstyper som har samband med sämre ljusförhållanden. Det gäller framförallt påkörningar av vilt och ren. Olyckor där motorfordon kör på fotgängare förefaller till hög grad inträffa i mörker. Även singelolyckor med motorfordon kopplas till mörker.

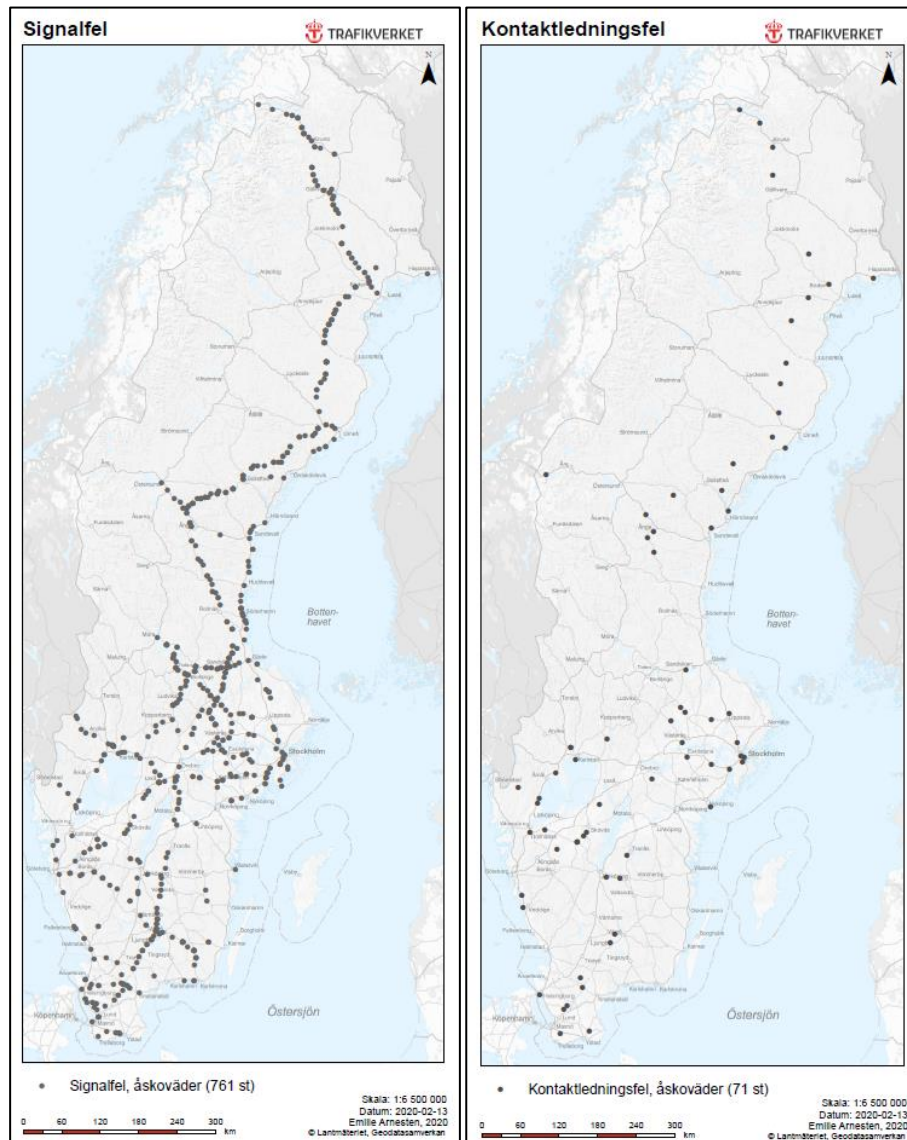
En bedömning är att framtida ljusförhållanden kommer att bidra till fler olyckor för de olyckstyper som redan idag uppvisar en hög andel olyckor i mörker och gryning och skymning. För olyckstyper som sällan inträffar i mörker bör sannolikheten för dessa inte påverkas nämnvärt av ändrade ljusförhållanden.

Åskväder

Åskmoln uppkommer genom att varm och fuktig luft stiger. Inom och mellan moln samt mellan moln och mark skapas laddningsskillnader som vid tillräckligt hög spänning skapar blixurladdningar. I det nutida klimatet inträffar de flesta åskväder i södra Sverige och då

framförallt i Värmlands, Västra Götalands och Hallands län. I fjällvärlden är åskväder inte lika vanligt.

Blixtnedslag i åskväder påverkar järnvägens infrastruktur i form av signalfel och kontaktledningsfel vars geografiska utbredning visas i figur 9. För signalfel anges enbart händelser med en merförseningstid på 60 minuter eller mer.



Figur 9. Vänstra kartan visar åskväderinducerade signalfel längs järnvägen som orsakat merförsening på åtminstone 60 minuter eller mer under perioden 2010-2018. Källa: Ofelia. Högra kartan visar kontaktledningsfel orsakade av åskväder under perioden 2010-2018. Källa: Ofelia.

Av statistik från Ofelia för åren 2010-2018 framgår att signalfel bidragit med 807 och kontaktledningsfel med 68 merförseningstimmar/år. Både för signalfel och kontaktledningsfel finns ingen påtaglig geografisk koncentration av inträffade händelser. Åskväder kan också vara förknippade med intensiva regn, vilka ställer krav på god avrinningskapacitet längs och genom vägkroppar och banvallar.

Antal dagar med sannolikhet för åskväder förväntas öka fram till år 2100 med ytterligare omkring 10-15 dagar per år.⁴⁵ Ökningen kan möjligen bli ännu högre över fjällkedjan som sällan drabbas av åskväder idag. Säsongen med åskväder kommer troligen också att förlängas. Man kan således förvänta sig att antalen signalfel och kontaktledningsfel kommer att öka i framtiden.

Hagel

Hagel är nederbörd i form av hårda korn, som består av is eller tät snö. Kornen bildas i bymoln som innehåller underkylda vattendroppar. Hagelskuror uppträder framförallt sporadiskt och täcker små områden upp till några kvadratkilometer. Det statistiska underlaget för påverkan av hagel är begränsat.⁴⁶

Klimatförändringarnas effekt på hagel har inte närmare beaktats i framtida bedömningar av SMHI. Indikationer finns på att både storlek och frekvens kommer att öka.⁴⁷ Mycket stora ishagel skulle möjligen kunna skada fordon, skyltar och signalanordningar. Dock verkar den befintliga problembilden vara begränsad och så bedöms även den förväntade riskökningen.

Dimma

Dimma bildas då vattenånga i luften kondenserar vid en mycket hög relativ luftfuktighet. Detta kan ske genom att lufttemperaturen sjunker ner mot daggpunktstemperatur eller genom blandning av luftmassor med olika temperatur. Dimma är vanligt under hösten då solstrålningen inte är tillräcklig för att skingra dimman.

Dimma gör ingen direkt inverkan på infrastrukturen men kan påverka både säkerhet och tillgänglighet på vägar. Under perioden 2009-2018 ledde dimrelaterade vägtrafikolyckor till nio döda, 55 svårt skadade och 404 lindrigt skadade.⁴⁸ Den geografiska fördelningen redovisas i figur 10. Statistik visar att olyckorna framförallt inträffat i oktober och november. Masskrocken på Tranarpsbron i Skåne 2013 är ett exempel där dimma och halka samverkade.⁴⁹

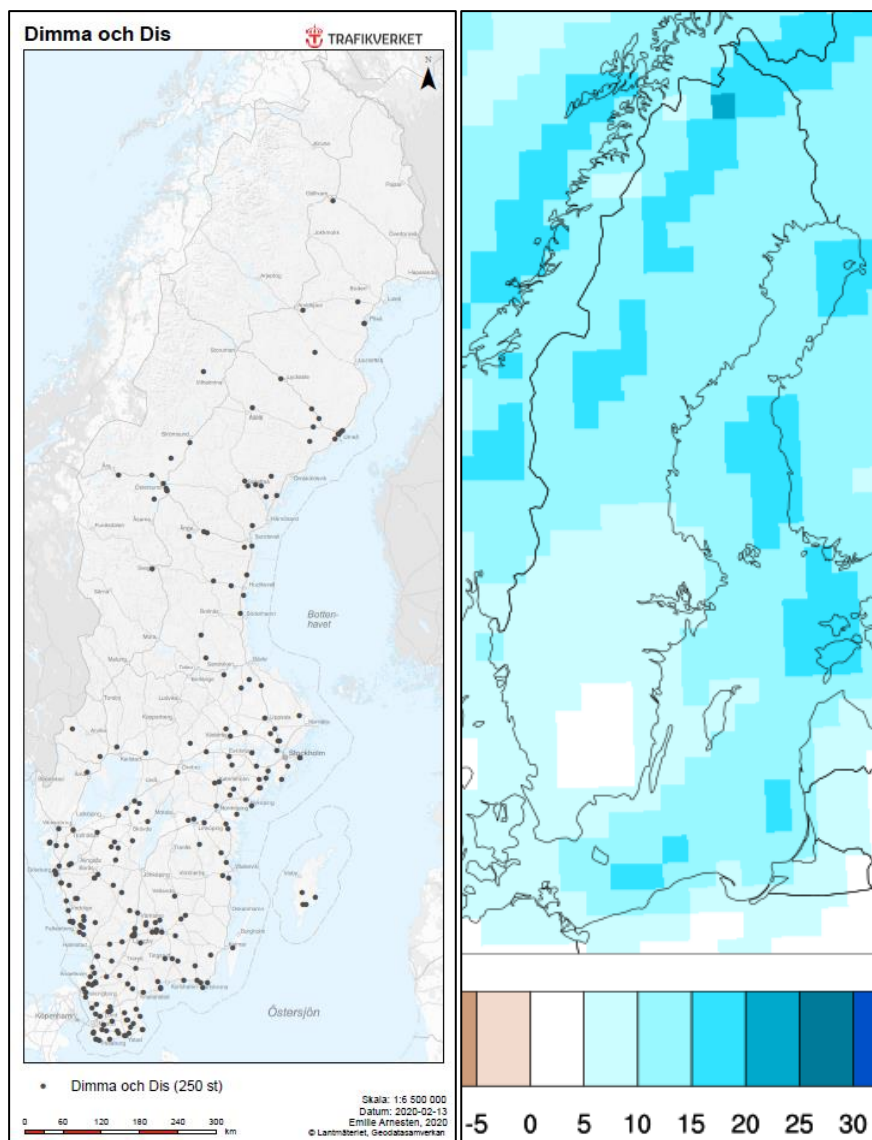
⁴⁵ Officiella klimatscenarier för åskväder i det framtida klimatet har inte presenterats officiellt av SMHI. Wennerdahl, E., 2017: [Change in Thunderstorm Activity in a Projected Warmer Future Climate: a Study over Europe](#). Förändring i åskaktivitet i ett varmare framtida klimat: En studie över Europa rekommenderades av Erik Kjellström, professor i klimatologi vid SMHI, som referensarbete för en ökad förekomst av åskväder i framtiden.

⁴⁶ I Transportstyrelsens Strada finns hagel omnämnt i samband med 25 trafikolyckor under perioden 2009-2018. Olyckorna har lett till ett dödsfall, fem svårt skadade och 33 lindrigt skadade. I vilken omfattning hagel varit bidragande till olyckorna är oklart.

⁴⁷ SMHI: [Berätta om hagel](#) (hemsida).

⁴⁸ Ett antagande är att om begreppen dis eller dimma ingår i händelsebeskrivningarna för respektive olycka i Strada har det haft betydelse för olyckans uppkomst.

⁴⁹ MSB, 2013: [Trafikolycka Tranarpsbron](#). Faktablad. 4 sidor.



Figur 10. Kartan till vänster visar inträffade vägtrafikolyckor där dimma finns omnämnt i händelsebeskrivningen. Källa: Transportstyrelsen, Strada 2009-2018. Kartan till höger visar nederbördsförändringen under hösten i %, då dimma är vanligast, mellan perioden 1971-2000 och 2071-2100. Ett antagande är att ökad höstnederbörd ger ökad dimma. Källa: SMHI.

Det råder osäkerhet om och hur den relativa fuktigheten kommer att förändras i det framtida klimatet. Ett försiktigt antagande är att den framtida nederbörden under hösten skulle kunna återspegla sannolikheten för dimma. Eftersom höstnederbörden ökar i storleksordningen 5-10 % förväntas förekomsten av dimma att också öka något. Särskild hänsyn bör tas till vägavsnitt nära vattendrag som är benägna att höljas i dimma. En jämförelse mellan inträffade trafikolyckor där dimma beskrivits och förändring i höstnederbörd redovisas i figur 10. Förmodligen blir förändringen av dimma störst i norra Sverige. Dimrelaterade trafikolyckor förväntas öka marginellt.

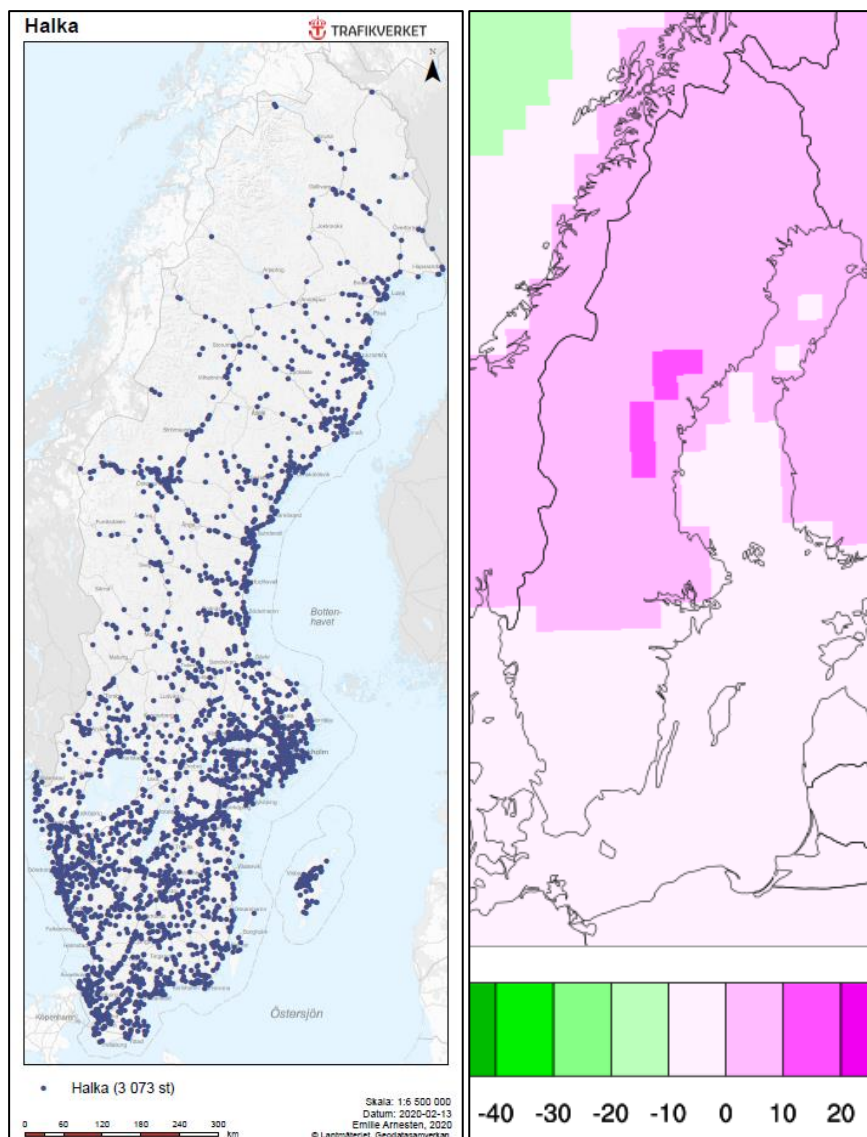
Halka

Halka är vanligt förekommande på de svenska vägarna under vinterhalvåret. Det finns olika typer av halka. Frosthalka, sker ofta i samband med omslag till mildare och fuktigare väder. Frosten faller ut på kalla vägytor i samband med fuktig luft. Ishalka eller svarthalka, bildas dels när våta vägbanor fryser på grund av sjunkande temperatur vid uppklarnande väder, men även när nederbörd faller i form av underkylt regn, underkylt duggregn eller regn på kalla vägbanor. Snöhalka bildas i samband med att olika väderfronter passerar. Fläckvis halka beror ibland på att smältvatten fryser fläckvis nattetid. Vinterväghållningen lägger Trafikverket ut på entreprenad och kostar nationellt ca 2 miljarder kr per år.

Den snörika vintern 2010 inträffade stora problem för järnvägstrafiken i Sveland och Götaland där förseningar både kunde tillskrivas spår- och fordonsproblem. Hala vägbanor bidrar starkt till vägtrafikolyckor och halkolyckornas geografiska fördelning visas i figur 11. Under perioden 2009-2018 ledde halkolyckorna till 60 dödade, 622 svårt skadade och 4593 lindrigt skadade.⁵⁰ Halka utgör således en mycket stor samhällsekonomisk kostnad. En tydlig koncentration av halkolyckor har skett i landets södra halva vilket till stor del kan förklaras med ett betydande trafikflöde.

En viktig klimateffekt som är förutsättning för halka är antalet nollgenomgångar vintertid som visas i figur 11. Eftersom antalet nollgenomgångar minskar i södra Sverige bör därför förutsättningarna för halkolyckor minska. Däremot ökar antalet nollgenomgångar i mellersta och norra Sverige vilket gör att hala vägbanor där blir vanligare. Med ett större trafikarbete i södra Sverige bedöms nettoeffekten för olycksrisken i ett nationellt perspektiv att minska. Halkbekämpning och övrig vinterväghållning bör sannolikt förskjutas norrut.

⁵⁰ Sökning och filtrering gjordes på begrepp som "halka", "halt" och "hal" bland händelsebeskrivningarna i Strada.



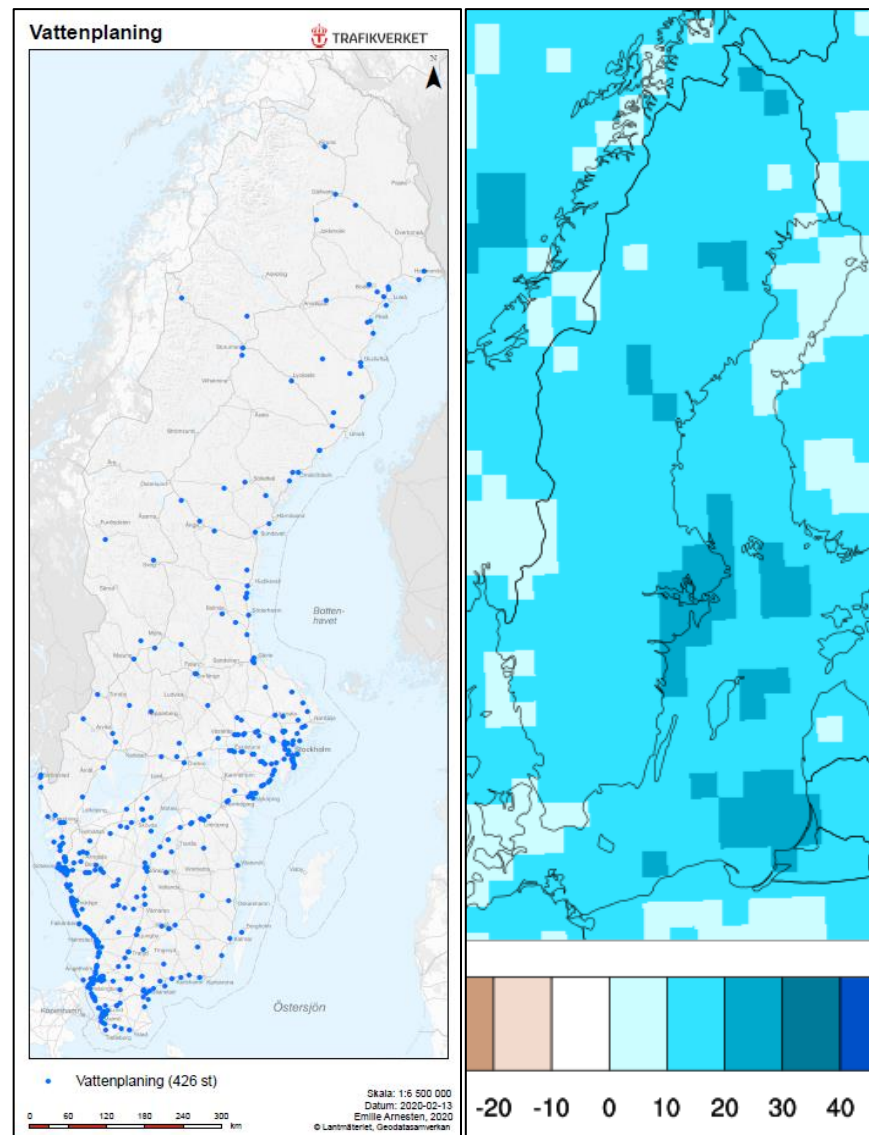
Figur 11. Kartan till vänster visar den geografiska fördelningen av halkrelaterade olyckor längs det statliga vägnätet. Källa: Transportstyrelsen, Strada 2009-2018. Kartan till höger visar förändringen av antal dagar med nollgenomgångar under vintern mellan perioden 1971-2000 och perioden 2071-2100. Källa: SMHI.

Vattenplaning

Skyfall eller kraftiga regnoväder kan ge stora vattenmängder på vägbanan vilket kan leda till vattenplaning som orsakar trafikolyckor. Även om hastighet och däckens skick många gånger är bidragande till vattenplaningar är vattenansamlingar på vägbanan helt avgörande för dessa olyckor.

Under perioden 2009-2018 inträffade 426 vägtrafikolyckor där vattenplaning bedömdes vara en bidragande orsak.⁵¹ Figur 12 uppvisar en tydlig koncentration av olyckor till europaväg 6 längs västkusten samt till Stockholmsområdet. Delvis reflekterar det trafikflödet. Personskadorna uppgick till fyra döda, 83 svårt skadade och 643 lindrigt skadade.

⁵¹ Sökning och filtrering av söksträng "vattenplan*" i händelsebeskrivningen i Strada.



Figur 12. Kartan till vänster visar inträffade olyckor med vattenplaning. Källa: Transportstyrelsen, Strada 2009-2018. Högra kartan visar beräknad förändring av sommarens största dygnsnederbörd (i %) för perioden 2071-2100 jämfört med 1971-2000. Källa: SMHI.

I framtiden förväntas en ökad maximal dygnsnederbörd under sommaren över hela landet och särskilt mycket i östra Svealand vilket illustreras i figur 12. Det bör reflektera en ökad sannolikhet för kraftig och intensiv nederbördsmätt över minuter eller timmar.⁵² De klimatologiska förutsättningarna för olyckor som beror på vattenplaning kan således komma att öka i hela landet.

Snödrev

Ymniga och långvariga snöfall med samtidiga eller efterföljande vindar omfördelar snön i öppna landskap. I områden där vindhastigheten inte är lika hög kan snön ansamlas i större mängder. Problemen med snödrev ligger inte bara i framkomligheten utan även i sikten som

⁵² SMHI, 2017: [Extremregn i nuvarande och framtida klimat. Analyser av observationer och framtidsscenarioer](#). Rapport. 83 sidor.

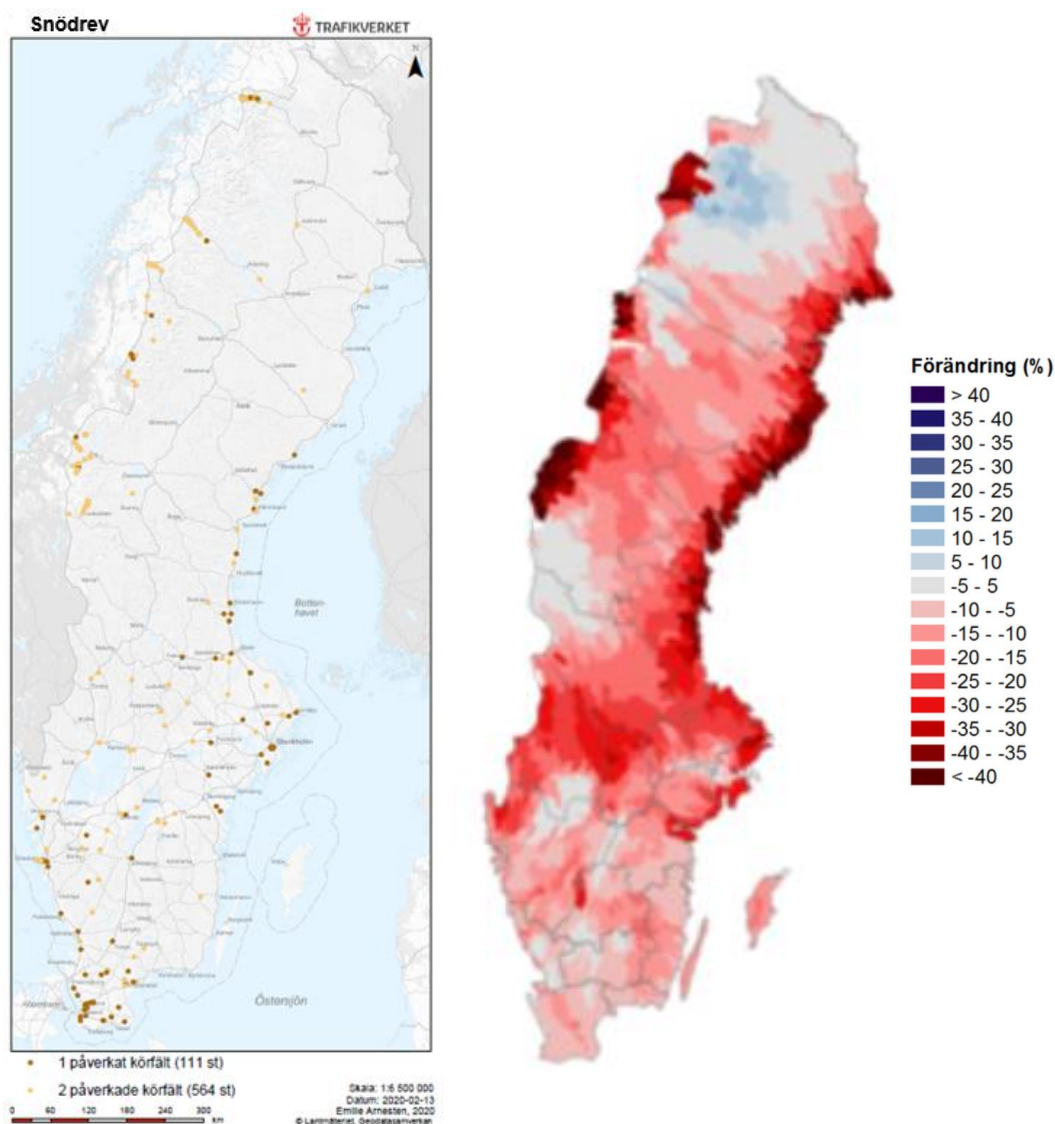
kraftigt kan försämrats. Snödrev kan påverka trafiken längs både järnvägar och vägar och kräver årligen betydande snöröjningsinsatser.

Snödrev är absolut vanligast på fjällvägar vilket ofta leder till totalstopp i båda riktningarna. Flatruetvägen i Härjedalen, Sveriges högst belägna allmänna väg, stängs tillsammans med några andra vägar under en längre period varje vinter. För övriga fjällvägar är den genomsnittliga stängningstiden ca 12 timmar per stopptillfälle. Längs fjällvägarna från Arjeplog och Kiruna till norska gränsen förekommer totalt en stängningstid på ca 220 timmar/år. Bortsett från fjällvägarna finns en tydlig koncentration av snödrev i Skåne och Västergötland men här är det mer sällan som båda körbanorna stängs. I dessa områden kan vinden få fritt spelrum i öppna landskap och omfördela och koncentrera stora snömängder till vägnätet vilket visas av figur 13. En geografisk presentation av var snödrev stoppat vägtrafik finns i figur 14. För vissa händelser anges hårt väder och i synnerhet längs västkusten kan dokumenterade händelser enbart bero på vinden.



Figur 13. Plogad väg efter snödrev i södra Skåne i december 2010. Foto: Anna Canaki.

Statistik för snöproblem på järnvägar, som inte är relaterade till snö i is och växlar, har inte kunnat erhållas. Men det är känt från vintern 2010 att stora snömängder kunde byggas upp på spåren i samband med snö- och isproblem i spårväxlar som gjorde att tåg blivit stående. Noterbart är att just starten på 2010 innehöll en lång period på nästan 90 dygn utan plusgrader i södra delen av landet från en linje Gävle-Karlstad och söderut. Detta skapade stora störningar och underhållsbehov för främst järnvägsfordon. Malmбанan mellan Björkliden och Riksgränsen drabbas ofta av snödrev vilket beror på en kombination av stora snömängder, kraftiga vindar och ett öppet och kuperat landskap.



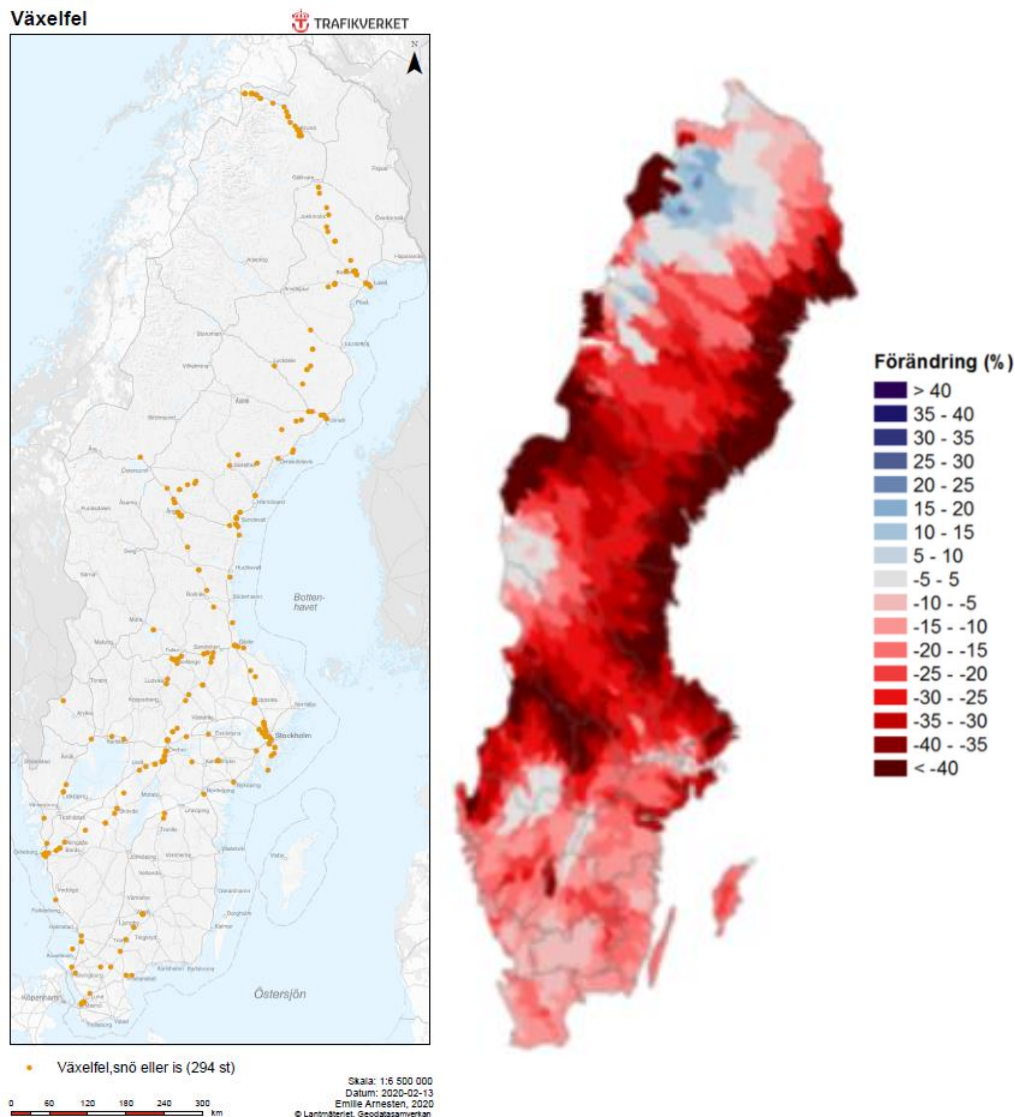
Figur 14. Vänstra kartan visar statistik över snödrev som orsakat totalstopp i vägtrafiken under perioden 2007-2018. Källa: NTS. Högra kartan visar förändring i % för maximalt snötäcke för åren 2021-2050 jämfört med åren 1963-1992. Källa: SMHI.

Eftersom det inte förväntas någon större förändring av vindklimatet behöver en analys av snödrev i framtiden baseras på snötillgången. Det förväntade maximala snötäcket kommer att minska kraftigt i de västligaste delarna av fjällkedjan vilket tydligt kan ses i figur 14. Denna minskning i snötäcke förväntas där snödrevsproblematik förekommer i det nutida klimatet. Likaledes förväntas en minskning av snö i södra Sverige. För sträckor längs fjällvägar som idag ligger nära trädgränsen bör en höjning av densamma bidra till minskade förutsättningar för snödrev. Sammantaget indikerar det att snödrev minskar betydligt i omfattning och att fjällvägar och andra vägar inte behöver stängas lika ofta.

Snö och is i växlar

Växeln är en vital del i järnvägssystemet och vintertid kan snö och is påverka funktionaliteten negativt. När tåg passerar växlarna är det vanligt att de skakar till och tappar ner snö och is i växeln. Om det blir för mycket snö och is kan till slut inte växeln röra sig och tågen kan då inte byta spår. I ungefär hälften av alla växlar finns installerad värme som kan motverka isbildning.

Det årliga genomsnittet för antalet felrapporter och merförseningstimmar gällande snö och is i växlar under perioden 2015-2019 uppgår till 1442 rapporter och 529 timmar.⁵³ Som jämförelse kan nämnas att merförseningen under den snörika vintern 2009-2010 översteg 2 500 timmar. Den geografiska fördelningen av problem med is och snö som varat tre timmar eller mer presenteras i figur 15. Problemen har varit spridda i hela landet med något färre händelser i södra Sverige.



Figur 15. Vänstra kartan visar problem med snö och is i växlar och med en merförsening på 3 timmar eller mer under perioden 2010-2018. Källa: Ofelia. Högra kartan visar förändring i % för maximalt snötäcke för åren 2069-2098 jämfört med åren 1963-1992. Källa: SMHI.

Problematiken med snö och is i växlar bör påverkas av det minskade maximala snötäcket som indikeras i figur 15. Även antalet nollgenomgångar vintertid påverkar. En nordlig förskjutning sker av antalet nollgenomgångar vintertid med färre nollgenomgångar i söder (se figur 11). I framtiden kommer sannolikt problem med snö och is i växlar att minska

⁵³ Trafikverket, 2019: Uppföljning årstidsstyrd beredskapsplan Nationell, Vinter 2018-2019, Järnväg. Rapport. 34 sidor.

samtidigt som de problem som uppstår kommer att ha sin tyngdpunkt längre norrut än idag. Det bör leda till färre merförseningstimmar per år.

Rälsbrott

Rälsbrott inträffar när räl brister eller spricker. Rälsbrott kan orsakas av trafiken, inre spänningar i materialet samt tillverkningsfel. Kyla kan bidra till rälsbrott genom att öka de inre spänningarna i rälen i ett skarvfritt spår.⁵⁴

Sammanlagt har 50 temperaturrelaterade rälsbrott inträffat under perioden 2010-2018 med en genomsnittlig merförseningstid på ca 27 timmar/år.⁵⁵ Flertalet händelser inträffade under vinterhalvåret och den geografiska fördelningen av merförsening ges i figur 17. Ingen av de inträffade rälsbrotten förefaller ha orsakat någon urspårning men under 2019 inträffade ett köldrelaterat rälsbrott mellan Kiruna och Gällivare varpå ett godståg spårade ur med skador på anläggningen och vagnar som följd (se figur 16).

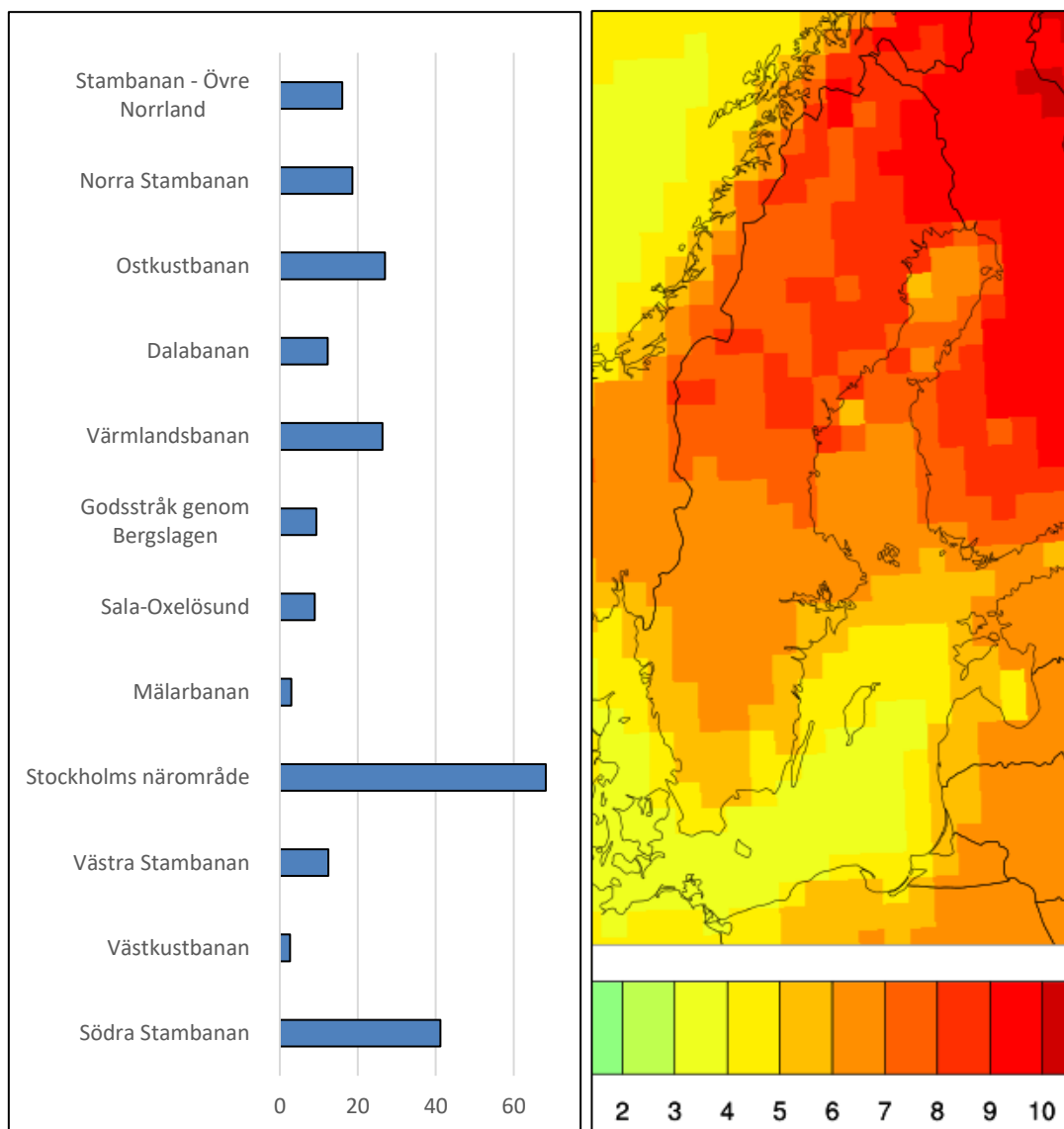


Figur 16. Rälsbrott på sträckan Kiruna-Gällivare i februari 2019 som ledde till urspårning av godståg och skador på anläggning och vagnar. Den kalla temperaturen på -31°C bidrog till rälsbrottet. Foto: Trafikverket.

Den framtida utvecklingen av rälsbrott bör minska med varmare temperaturer och här bör scenariot för förändring av lägsta dygnsmedeltemperaturen vintertid tjäna som god indikator (figur 17). Den temperaturen ökar kraftigt i hela landet och i synnerhet i norr. Likväl bör hastiga sänkningar av temperaturer också vara en faktor som har betydelse och här kan förväntad dygnsamplitud under vintern vara av värde. Ökningen av den högsta temperaturen vintertid är betydligt lägre än för den lägsta dygnsmedeltemperaturen vilket borde signalera relativt låga dygnsamplituder under vintern. Sannolikheten för temperaturrelaterade rälsbrott bör således minska betydligt i framtiden.

⁵⁴ Trafikverket: [Rälsbrott](#) (hemsida).

⁵⁵ Rälsbrott med orsaksbeskrivningar som relaterade till kyla och temperatur filtrerades och analyserades ur Ofelia.



Figur 17. Diagrammet till vänster visar antalet merförseningstimmar av temperaturrelaterade rälsbrott längs olika järnvägsstråk sorterade från norr till söder under perioden 2010-2018. Källa: Ofelia. Kartan till höger visar förändringen (°C) av den lägsta dygnsmedeltemperaturen under vintern från perioden 1971-2000 till 2071-2100. Källa: SMHI.

Tjälskador

Tjäle är mark eller väg som har frusit till is. Is tar mer plats än vatten, vilket gör att övre delar av vägkroppar och banvallar ner till tjäldjup expanderar och lyfts när den fryser. Under tjällossningen tinar materialet och återgår till ursprunglig volym men i vissa fall uppstår skador. När vatten tränger ner i porer och håligheter i belagda vägar, samtidigt som temperaturen växlar mellan minus- och plusgrader, kan potthål bildas.

Hur mycket tjälen påverkar beror på materialets tjälfarlighet, markfuktighet, mark- och lufttemperatur, snötäcke och hur snabbt temperaturen stiger på våren. Generellt ger långa och kalla vintrar större påverkan. Det finns vissa skillnader som är värda att lyfta fram mellan vägkroppar och banvallar. Jämfört med vägkroppar är banvallar mer öppna vilket gör att frost tränger ner lättare. De höga kraven på korrekt spårläge gör banvallen betydligt känsligare för rörelser än vägkroppen. Därtill är vissa äldre banvallar uppbyggda av den

tjälfarliga jordarten silt. Hur omfattande tjälproblematiken blir under en säsong är beroende av ett komplicerat samspel mellan olika parametrar. Förutsättningar för att få stora problem är förutom materialets tjälfarlighet hög markfuktighet som får frysa under längre. Då bildas ett stort tjäldjup. Om en snabb avsmältning kommer på våren blir skadorna som störst. Frekventa temperaturväxlingar kring 0° C under vintern kan också skada beläggningen. Under den värsta tjällossningsperioden kan det bli nödvändigt att tillfälligt sätta ner vägars bärighet och hastighet.

Tjälskador förefaller i begränsad omfattning orsaka vägtrafikolyckor och enligt Strada har åtta olyckor inträffat under åren 2009-2018 som lett till tre svårt skadade personer och nio lindrigt skadade.⁵⁶ De samhällsekonomiska kostnaderna för tjälskador består i huvudsak av Trafikverkets insatser för bibehållen bärighet samt minskad tillgänglighet och framkomlighet för näringsliv och privatpersoner.

Den framtida tjälproblematiken bör vara kopplat till hög markfuktighet och kyla när snö faller. Flera nollgenomgångar under vintern kan också påverka vägens beläggning. Snabba och kraftiga temperaturhöjningar under våren kommer också att påverka beläggningen. För grusvägar kommer nollgenomgångar att ge uppmjukningar i ytan.

Utbredning och omfattning av framtida tjälskador är komplicerat att bedöma. Sannolikt är markfuktigheten under hösten hög i många områden men mildare vintrar kommer i sig att leda till mindre tjäldjup. Med minskat snötäcke kan dock även mildare vintrar leda till djup tjäle. Frekventa skiftningar vintertid mellan frysning och tining av det översta materialet kan skada beläggningen. Dessutom är det rimligt att förvänta sig snabba temperaturomslag. En bedömning är att tjälproblematiken kommer att öka i många områden.

Värmebölja

Värmebölja används oftast som ett vagt begrepp för en längre period med höga temperaturer i ett område i samband med stabila högttryck. Värmeböljor kan bidra till bland annat solkurvor, blödande asfalt, bränder och försämrad arbetsmiljö som i denna rapport behandlas i separata avsnitt. Värme kan leda till ytterligare problem som här presenteras i punktform:

- Friledningar i kontaktledningsstolparna expanderar vid värme. Vid höga temperaturer riskerar ledningar att expanderas så mycket att de går i mot andra ledningar med överslag och gnistbildningar som följd uppstår, vilket i sin tur kan leda till bränder.
- Komponenter i signalsystemet är värmekänsliga.
- Under sommaren 2018 orsakade även värmen problem vid några öppningsbara järnvägsbroar, dock utan att generera några större merförseningar.⁵⁷
- Spårbildning i beläggning på vägar.

⁵⁶ Sökning och filtrering gjordes på "tjäl" bland händelsebeskrivningarna i Strada.

⁵⁷ Trafikverket, 2018: Uppföljning årstidsstyrd beredskapsplan. Nationell, Sommar 2018, Järnväg. Rapport. 31 sidor.

- Sättningar i vägkroppar som möjligen kan bero på grundvattensänkningar.
- Blåsbildning på brobeläggningar.
- Dammbindning på grusvägar.
- Påverkad funktionalitet i skåpen för ATK (Automatisk Trafiksäkerhetskontroll).
- Torka i artrika miljöer i anläggningens sidoområden.

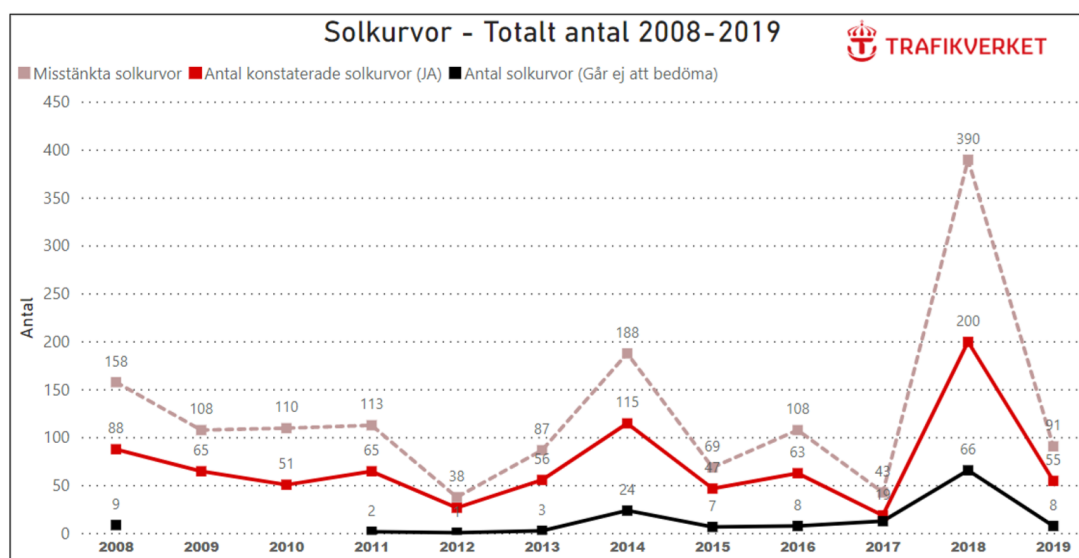
Många av ovanstående problem inträffade under sommaren 2018.

Värmeböljor blir troligen vanligare i Sverige i framtiden. Extremt varma tillfällen som hittills inträffat vart tjugonde år i genomsnitt, kan inträffa vart tredje till femte år i slutet av århundradet. Temperaturer på 40°C kan bli aktuella vart tjugonde år i södra Sverige.

Solkurvor

En solkurva är en lokal sidoförskjutning av ett järnvägsspår som initieras av solvärmen när spåret inte kan stå emot krafterna som verkar i spårets längdriktning. Värmen är den utlösande faktorn för solkurvor, men en inträffad solkurva beror nästan alltid på flera samverkande orsaker och kan i många fall härledas till utförda arbeten i eller bredvid spåret som försämrat ballastens packning och stabilitet. Solkurvor inträffar i alla typer av spår och enligt statistiken är skarvspår lika benägna till att få solkurvor som skarvfria spår.

Trafikverket har en analysgrupp som årligen analyserar utfallet av solkurvor, Nationell arbetsgrupp Solkurvor. Samlad statistik för perioden 2008-2019 visas i figur 18.⁵⁸ Det kan konstateras att antalet solkurvor var särskilt högt under 2018 då sommartemperaturerna också var mycket höga.



Figur 18. Utveckling av antalet misstänkta och konstaterade solkurvor under perioden 2008-2019. Även antalet solkurvor som inte går att bedöma framgår av diagrammet. Källa: Trafikverket

⁵⁸ Trafikverket, 2020: Solkurvor 2019. Statistik, analys och handlingsplan. Rapport. 24 sidor.

Solkurvor har varit bidragande faktorer till åtminstone tre urspårningar under perioden 2014-2019. Ofta blir skadorna på anläggningen stora med långvariga trafikavbrott. För närvarande finns problem med återkommande solkurvor längs vissa sträckor. På exempelvis rangerbangårdarna i Hallsberg och Hagalund uppstår återkommande solkurvor vid vissa komplexa konstruktioner.

Även om framtida somrar i ökad utsträckning kommer att påminna om sommaren 2018 bör förebyggande åtgärder kunna motverka uppkomsten av solkurvor.

Blödande asfalt

Asfaltmassors styvhet samt deformationsegenskaper är temperaturberoende. Långvariga och varma temperaturer kan medföra att bindemedlet bitumen i asfalt mjukas upp, utvidgas och stiger som svarta, blanka fläckar och blödningar, vilket kan göra vägbanor hala. De svarta fläckarna absorberar mer av solens värme så processen är självförstärkande.

Det finns ingen statistik över olyckor där det med tydlighet framgår att bindemedel i vägbanan blivit flytande.⁵⁹ Det finns inte heller några sammanställda kostnader för åtgärder att hantera blödande asfalt. Problemen med blödande asfalt bedömdes som betydligt värre under den mycket varma sommaren 2018 jämfört med sommaren 2019. Vid blödande asfalt kan åtgärder som sandning och varnande skyltning behövas.

Eftersom värmeböljor kommer att bli vanligare i framtiden förväntas perioder med blödande asfalt att öka i omfattning på vägar med värmekänsliga bindemedel. Genom att anpassa regelverk för såväl val av bindemedel som beläggningstyper kan dock risken med blödande asfalt motverkas.

Översvämning - skyfall

Skyfall kan ansamla stora mängder vatten som snabbt kan översvämma vägar och järnvägar. Ett vanligt problem vid skyfall är ansamling av vatten i det lågt liggande vägnätet som exempelvis i viadukter. En faktor i samhällsutvecklingen är att områden i anslutning till viktigare vägar har fått ändrade avrinningsegenskaper med anläggning av hårdgjorda ytor som byggnader, gator och parkeringsplatser. Det gör att trummor och rörbroar inte längre räcker till för de kraftigare flödestoppar som bildas.

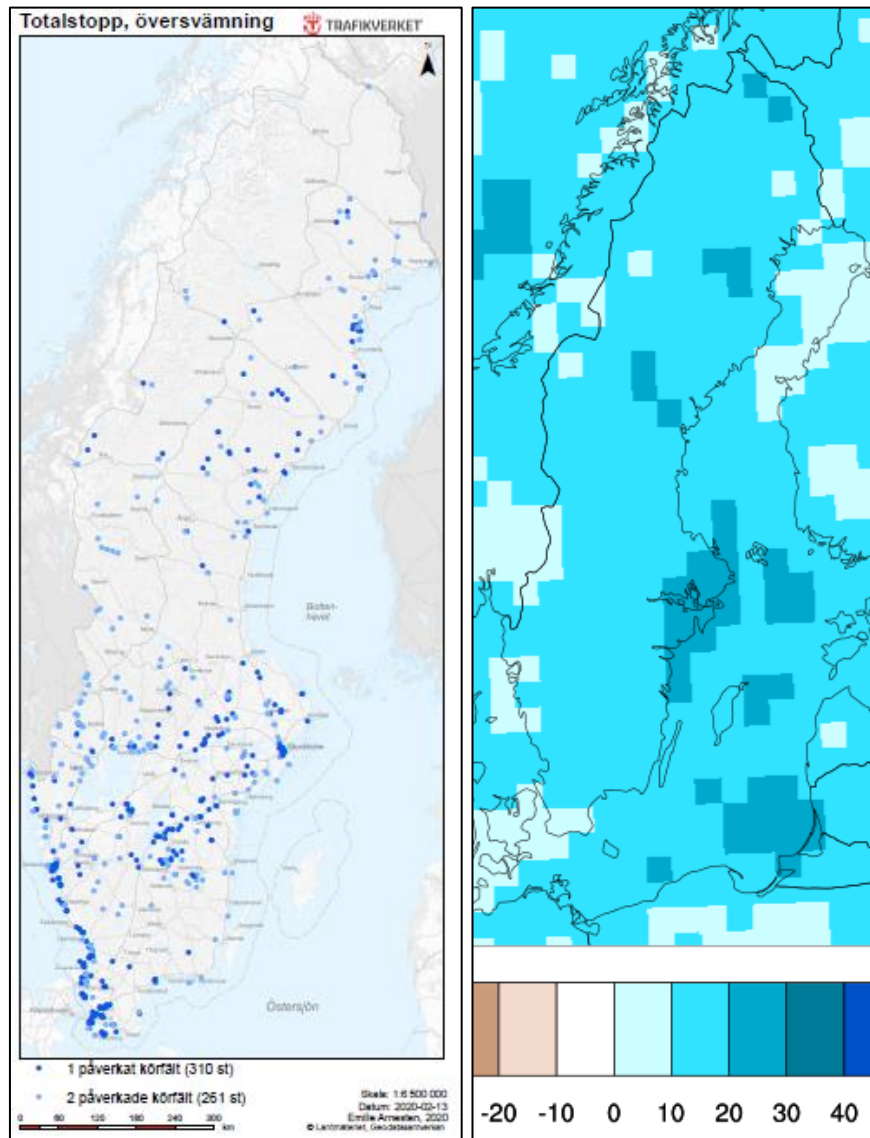
Det finns otaliga exempel på när lågt liggande vägar översvämmats i samband med skyfall. På flera platser har det inträffat flera gånger som vid Kålleredsmotet på europaväg 6 söder om Göteborg. En oväntad och dramatisk översvämning inträffade i samband med skyfall då vatten rann in i Norralatunneln utanför Söderhamn i augusti 2013. Ett tåg blev stående i tunneln medan översvämningen pågick.

Figur 19 visar dokumenterade översvämningar som medfört stopp i trafiken längs vägar. Någon analys av vilka av dessa som är skyfallsrelaterade har inte genomförts. Utifrån NTS har det inte varit möjligt att särskilja översvämningar som beror på översvämningar längs

⁵⁹ Några trafikolyckor kan möjligen ha inträffat på grund av blödande asfalt. Fritextsökning och filtrering av olyckor gjordes på begreppet "oljegrus" i Strada 2009-2018. 14 olyckor har lett till tre allvarligt skadade och 17 lindrigt skadade personer. Samtliga olyckor har inträffat på eftermiddag eller kväll under sommarhalvåret vilket indikerar att det kan röra sig om värmeinitierad blödande asfalt.

vattendrag och sjöar och översvämningar som beror på skyfall. Det genomsnittliga stoppet på en väg i samband med en översvämning är ca 75 timmar. Skyfall kan också leda till vattenplaningsolyckor som behandlas i ett eget avsnitt.

Hela landet kan drabbas av skyfall. Sannolikt kommer skyfallen att bli kraftigare i framtiden. I ett varmare klimat kan atmosfären innehålla mer vattenånga och det skapar förutsättningar för en kraftigare nederbörd. Men liksom i dagens klimat kommer skyfallen att variera naturligt. En indikator på förändring av skyfallsrisk är ökningen i sommarens maximala dygnsnederbörd som redovisas i figur 19.



Figur 19. Vänstra kartan visar översvämningar som har inträffat längs vägnätet under perioden 2007-2018. Källa: NTS. Högra kartan visar beräknad förändring av sommarens största dygnsnederbörd (i %) för perioden 2071-2100 jämfört med 1971-2000. Källa: SMHI.

Korrosion

I armerade betongkonstruktioner utgör betongen ett skydd för armeringen så att den inte korroderar. Betongbroar som utsätts för många cykler av tining och frysning riskerar att spricka och armeringen kan korroderas snabbare än konstruktioner som inte utsätts för

nollgenomgångar i samma utsträckning. I mitten av 1960-talet infördes krav på luftinblandning i betongen vilket ger bättre frostbeständighet eftersom luften ger utrymme för fryst vatten att expandera i betongen utan att spränga sönder den.

Det har inte gått att erhålla data för den geografiska fördelningen och omfattningen av brokorrosion. Klimat- och sårbarhetsutredningen 2007 pekade på att korrosion utgjorde 30 % av brounderhållet vilket motsvarade 200 miljoner kr årligen i dåtidens penningvärde.⁶⁰

De viktigaste klimateffekterna för att bedöma klimatförändringens effekt på brokorrosion är nollgenomgångar och luftfuktighet. Vägsalt, vars användande också beror på nollgenomgångar och luftfuktighet, bidrar genom klorider till korrosion och är en viktig faktor. De broar som kan förväntas uppvisa förhöjd korrosion är äldre broar i norra Sverige medan problemen minskar i södra och mellersta Sverige.

Fallande is från broar

Redan i klimat- och sårbarhetsutredningen 2007 tog Vägverket upp problematiken med fallande is från Uddevallabrons avsmalnande pyloner som går över körbanan.⁶¹ Vid hög luftfuktighet och kyla kan is bildas på hög höjd över körbanan på hängbroar och snedkabelbroar. Rörelser och temperaturförändringar från minus- till plusgrader kan göra att is lossnar och faller ned på vägbanan och i värsta fall träffar fordon, vilket har inträffat. Enstaka tillfällen med fallande is har även inträffat vid Högakustenbron.

Antalet nollgenomgångar vintertid kommer att minska i närheten av Uddevallabron och öka i närheten av Högakustenbron vilket indikerar en nordlig förskjutning av problem med fallande is från broar.

Saltstorm

Under kraftiga vindar till havs kan salt frigöras från sönderrivna vågtoppar. Luften kommer då att innehålla betydande mängder salt. Om vindarna är tillräckligt starka kan dessa saltrika luftmassor dra in långt över land och där deponeras på mark, byggnader och anläggningar i form av saltstormar. Om saltet deponeras på isolatorer finns risk för överslag. Om det regnar samtidigt kommer saltet i högre grad att sköljas bort från isolatorerna och risk för överslag minskar.⁶² En annan effekt av saltstormar är att aerosoler med salt deponeras på läsidan av broar där klorider kan bidra till armeringskorrosion.

Data från Ofelia visar på få händelser med saltstormar.⁶³ Det är sannolikt att fler händelser än dessa stört elförsörjningen längs järnvägen men sammantaget ger det en bild av att saltstormar utgör ett mycket begränsat problem.

⁶⁰ SOU 2007:60: [Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande](#). Bilaga B 1-B 5. 178 sidor. Bilaga B 1 är Vägverkets rapport.

⁶¹ SOU 2007:60: [Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande](#). Bilaga B 1 är Vägverkets rapport.

⁶² Statens Energimyndighet, 2008: Energisystemets sårbarhet inför effekterna av ett förändrat klimat. Delrapportering av regeringsuppdrag. ER2008:20. Rapport. 112 sidor.

⁶³ Tre olika avsnitt längs Västkustbanan som drabbades av merförseningar på sammanlagt 6 timmar i januari 2015. I november 2015 inträffade en händelse på Hyllie station i Malmö utan någon

Eftersom saltstormar är sällsynta i dagens klimat och bakomliggande klimatfaktorer inte kommer att förändras i någon större omfattning bedöms den framtida risknivån vara låg. Om problem inträffar kan de främst förväntas i Västsverige och längs järnvägar som skär fjällkedjan.

Isstorm

Isstormar är händelser där stora mängder underkyldt regn fryser när det kommer i kontakt med mark, träd, byggnader och anläggningar vilket kan leda till både skador och störningar.⁶⁴

En historisk händelse som ibland har omtalats som en isstorm inträffade i oktober 1921 i södra Sverige. Stora mängder blötsnö i samband med kraftiga vindar orsakade bland annat stora tågförseningar. Denna händelse har beskrivits som exempel på isstorm i Sverige med stora mängder underkyld nederbörd.⁶⁵ Det faktiska händelseförloppet var snarast att den blöta snön frös till i samband med fallande temperatur.⁶⁶ En lokalt intressant händelse inträffade i Jönköping i januari 1929. Kraftiga nordliga vindar över Vättern, som inte var frusen, blåste upp vågor och vatten i luften som drog in över stationsområdet där det frös till is (se figur 20). Med stora insatser kunde tågförseningarna begränsas.



Figur 20. Bild från Jönköpings stationsområde efter att vatten från Vättern blåst in och frusit på anläggningen i januari 1929. Källa: Foto: Emil Eriksson, Järnvägmuseets arkiv/SMTM. PDM.

Någon egentlig isstorm har inte dokumenterats i Sverige. Eftersom temperaturerna vintertid kommer att höjas indikeras en mycket liten sannolikhet för isstormar i framtiden.

störning för trafiken. En händelse med okänd varaktighet är också dokumenterad längs Malmбанan i februari 1993 vilket visar möjligheten för saltet att ta sig från Atlanten över fjällkedjan.

⁶⁴ Isstorm har tidigare behandlats i Trafikverkets risk- och sårbarhetsanalyser.

⁶⁵ Krisberedskapsmyndigheten, okänt år: Krisberedskap - så funkar det. Att förbereda sig på det värsta... Rapport. 40 sidor.

⁶⁶ SMHI: [Tidiga snöfall i Sverige](#) (hemsida).

Händelser likt den i Jönköping skulle möjligen kunna inträffa lokalt eftersom issäsongen i många sjöar kommer att bli kortare.

Vinderosion

Vinderosion är begränsad i Sverige och förekommer framför allt i områden som saknar vegetationstäckning, exempelvis längs sandstränder och på åkermark utanför växtsäsong. Några uppgifter om att vägar och järnvägar har påverkats av inblåst jord eller sand har inte kunnat hittas.

Inga egentliga problem med vinderosion förutses i det framtida klimatet men skulle erosion uppstå inträffar det mest sannolikt i närhet av stränder eller bar åkermark som består av silt- eller sandjordar. Förutom vindklimatet som inte förändras mer än marginellt skulle längre perioder av torka kunna öka sannolikheten för vinderosion.

Arbetsmiljö

Olika typer av väderlek kan påverka arbetsmiljön under byggnation och underhåll av infrastruktur. Extrem värme och extrem kyla påverkar arbetsförmågan negativt. Åskväder och stormar kan utgöra säkerhetsrisker. Fysiologiskt motverkar hög luftfuktighet under varma temperaturer kroppens värmeavgivning genom svettning vilket gör att sannolikheten för värmeslag ökar. Arbete längs vägar och järnvägar kräver särskild klädsel och kan sällan utföras i skugga. Därtill avger både nylagd asfalt och arbetsmaskiner värme.

Eftersom flera ban- och vägarbeten äger rum sommartid kan värmeböljor, åskväder och kraftiga vindar leda till att arbeten antingen ställs in eller försenas. Indirekt kan andra värmeinitierade problem som solkurvor och bränder leda till ökad belastning på personal. Ökad luftfuktighet kan ytterligare förvärra arbetsmiljön. Mildare vintertemperaturer talar för en bättre arbetsmiljö vintertid men om mildare vintertemperaturer sammanfaller med hög luftfuktighet och kraftiga vindar kan köldeffekten leda till en försämring. Eftersom vindar inte förväntas öka bedöms inte arbetsmiljön försämrats vintertid.

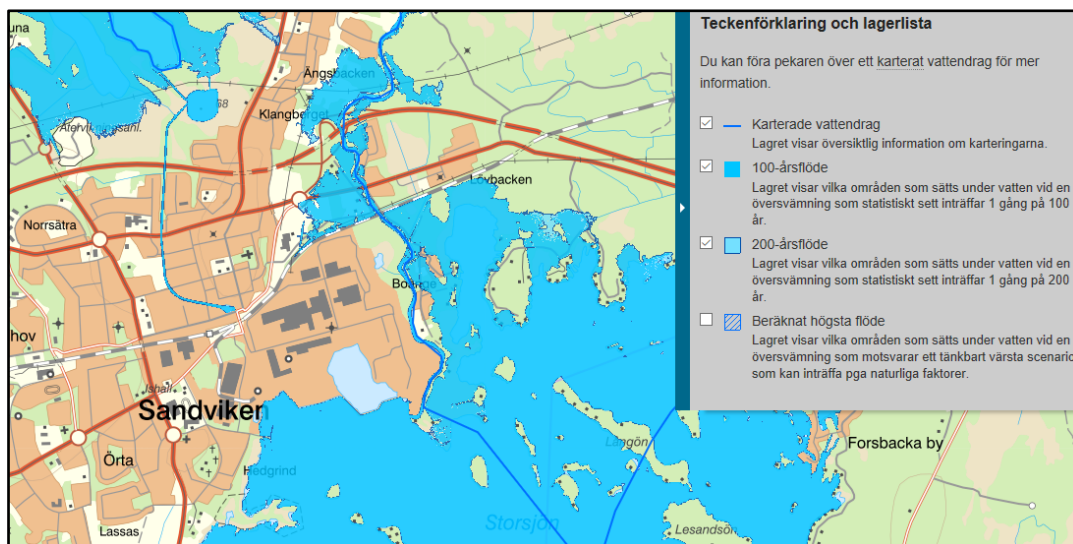
Noterbart är att i uppföljningen efter den varma sommaren 2018 finns inga rapporter om inställda arbeten längs väg och järnväg som motiverats av värmerelaterade arbetsmiljöproblem.

3.3. Vattendrag och sjöar

Översvämningar

Översvämningar längs vattendrag är ett utslag av kraftig nederbörd eller kraftig snösmältning. Eftersom Sverige har många sjöar och vattendrag är det vanligt att väg- och järnvägsnätet ligger i närheten av eller korsar sjöar och vattendrag med broar och trummor. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) har utarbetat kartor för det framtida klimatets 100-års och 200-årsflöden och ett exempel på karta ges i figur 21.⁶⁷

⁶⁷ Kartor finns i MSBs [Översvämningsportalen](#).



Figur 21. Utdrag från översvämningskarta över 200-årsflödet i centrala Sandviken, Gävleborgs län. Flödet gäller det framtida klimatet och visar att vägar (röda linjer) översvämmas och att vattnet når väldigt nära järnvägen (gråvitrandig linje). Källa: MSB.

Bilden av hur översvämningsrisken vid sjöar och vattendrag förändras varierar mellan olika delar av landet. Man kan grovt säga att översvämningsrisker till följd av extrema vattenflöden kan bli vanligare i stora delar av Götaland, södra Svealand samt nordvästligaste Norrland medan risken beräknas bli lägre i norra Svealand och övriga Norrland. De lokala skillnaderna är dock stora. Översvämningsrisken styrs även av hur vattendragen regleras av vattendomar.

Slasklaviner

Slasklaviner är snabba och mycket stora flöden av vattenblandade snömassor som med hög hastighet tar sig ner längs särskilt utsatta bäckfåror i fjällen. De kan även transportera stora block, stenar och vegetation längs fåran. Förutsättningen för slasklaviner är att stora snömängder fylls med smältvatten eller regnvatten i ett område som samtidigt däms upp av fastare snö. Till slut ger fördämningen vika och utlöser flödet i en händelse som påminner om ett momentant dammbrott. Slasklaviner är en ovanlig process och förekommer under enstaka år då förutsättningarna uppfylls.

Slasklaviner har vid flera tillfällen orsakat både materiella skador och trafikstörningar längs Malmбанan vid en bäck nedanför fjället Kaisepakte mellan Kiruna och Abisko.⁶⁸ I maj 2010 drabbades en väg norr om Tärnaby vilket visas i figur 22.

⁶⁸ Nära Kopparåsen, längre västerut längs Malmбанan, produceras vissa år slasklaviner längs en fjällbäck. Till skillnad från bäcken vid fjället Kaisepakte finns ingen dokumenterad skada på järnvägen.



Figur 22. I maj 2010 gick en slasklavin över väg 1115 vid Laxnäs norr om Tärnaby, Västerbottens län. Noterbart är att vägen täcktes av flera meter höga jordmassor. Foto: Patrick Trägårdh.

Det är svårt att bedöma i vilken omfattning slasklaviner kommer att påverka infrastruktur och trafik i det framtida klimatet. Händelsetypen är sällsynt men kan ha stor påverkan när den väl inträffar. Möjligheterna till omledning är begränsade. Både meteorologiska och topografiska förutsättningar förefaller vara specifika. Mindre snömängder bör minska förutsättningarna men detta skulle kunna motverkas av snabbare temperaturhöjningar och ökade regnmängder i fjällvärlden under snösmältningsperioden. Förmodligen förblir antalet slasklaviner relativt lågt.

Vattenstånd i sjöar

Vattenståndet i sjöar påverkas av nederbörd, snösmältning samt indirekt av vattendomar som reglerar flöden och vattenstånd i reglerade vattendrag. Lokala variationer i sjöar kan orsakas av kraftiga och långvariga vindar.

Vattenståndet i sjöar har betydelse för Trafikverkets vägfärjor. Färjelägen är anpassade till vissa vattenståndsintervall och det kan bli problem vid vägfärjornas anslutning till kaj både vid för låga och för höga vattenstånd. Trafikverkets vägfärja i Hjälmaren påverkades under sommaren 2018 av lågt vattenstånd och turer fick ställas in.

Det är svårt att bedöma hur vattennivåer i sjöar kommer att förändras i ett framtida klimat, inte minst med tanke på att nederbördsrika perioder kan växla med långvariga värmeböljor som kan innebära låga vattenstånd.

Isvägars bärighet

Trafikverkets ansvarar för sju isvägar i Norrbottens och Jämtlands län varav sex isvägar ersätter färjeleder vintertid. Isvägarna bidrar till kortare körtider och minskade utsläpp jämfört med om transporterna går längs längre landvägar (se figur 23).



Figur 23. Isväg på Röduplicleden över Kalixälven, Norrbottens län. Isvägen är 40 km kortare än motsvarande landväg. Foto: Roger Olofsson.

För 10 år sedan lades isvägen över Hjälmarens ned eftersom issäsongen blivit för kort. Även i Storsjön har milda vintrar förkortat säsongen för isvägar. Med högre temperaturer vintertid i såväl Jämtlands som Norrbottens län kommer säsongen med tillräcklig bärighet för fordonstrafik att förkortas.⁶⁹ En sådan trend är redan observerad för isvägarna i Jämtlands län. Det kan bli aktuellt att lägga ned isvägar på samma sätt som man gjort i Hjälmarens. Minskat snötäcke i de aktuella områdena bör minska behovet av plogning längs isvägarna som plogas för att isen ska växa till vid kyla.

Islossning

Vid islossning i älvar bildas isproppar som gör att områden uppströms fördämningen översvämmas. Ismassor och isblock kan tryckas upp på land och orsaka omfattande skador. När fördämningarna brister får vattnet med isflak stor eroderande kraft. Islossning i älvar med tillhörande störningar och skador av översvämningar och ispressning är ett problem som under vissa år uppstått längs enstaka oregrerade och reglerade älvar.

Islossningar i Torne älv har historiskt sett orsakat stora skador på vägar i Pajala, Övertorneå och Haparanda kommuner under islossningarna 1984, 1985 och 1986.⁷⁰ Några specifika kostnader för inträffade vägsador eller tid för återställning har inte kunnat erhållas.⁷¹ Även under 2000-talet har islossningar orsakat skador, om än mer begränsade.

⁶⁹ SMHI, 2015: [Framtidsklimat i Jämtlands län](#). Rapport. 92 sidor.

⁷⁰ SMHI, 2012: [Islossning i Torneälven](#). Rapport. 40 sidor.

⁷¹ SMHI: [Våra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder](#). Rapport. 76 sidor. En inventering av kostnader för allmän egendom, där vägar få anses ingå, uppgick till totalt 8 miljoner kr i dåtidens penningvärde

Det som påverkar hur svår islossningen blir är främst isens tjocklek och hur snabbt vattenflödet ökar dagarna före islossningen. I framtiden beräknas istjockleken att minska. Även 10-årsflöden och 100-årsflöden i Torneälven beräknas minska samtidigt som vinterflödena ökar.⁷² Det gör att sannolikheten för en svår islossning bör minska i framtiden. Om en vinter med stora ismassor i en älv föregår en vår med snabb snösmältning ger det en förvarning om att problem kan uppstå.

3.4. Terräng

Laviner

Utlösande av laviner bygger på att tillräckliga snömängder lagras på snöskikt med låg hållfastbarhet i tillräckligt brant terräng. Sådan brant terräng förekommer på Nuolja fjället mellan Abisko och Björkliden. Ett flertal laviner har genom åren satt stopp för både väg- och tågtrafiken. En viktig anledning till att laviner utlöses här är den kraftiga snölagringen som sker på fjällets nordostsida då snö driver över toppen i samband med västliga vindar. Stora snömängder kan byggas upp ovan järnvägen. Sedan slutet av 2013 finns ett system som förebygger laviner.⁷³ Antalet lavinbekämpningar per säsong varierar beroende på snödjup, temperatur, vindar och nederbörd men i genomsnitt genomförs ca 15 förebyggande lavinsprängningar per säsong och trafiken stannas 30-60 minuter i samband med en sprängning. Om E10 blockeras av en lavin måste trafiken ta en omväg på 62 mil. Ett tågstopp får också stora konsekvenser eftersom ca 33 procent av Sveriges godstrafik går på Malmbanan. Enstaka laviner över järnvägen har också inträffat längre västerut i närheten av Björkstugan.

Den framtida lavinaktiviteten är svår att bedöma och den viktigaste faktorn är frekvens och varaktighet av västliga snöstormar över Nuolja fjällets rundade topp. En klimateffekt med betydelse är snötäcket som minskar över tid.⁷⁴ Snön transporteras och avlagras i befintliga lavinbanor som täcker fjällets sluttning ovanför järnväg och väg. Rent topografiskt finns förutsättningar för att laviner skulle kunna gå på andra sträckor längs järnvägen mellan Kiruna och Riksgränsen. Fjället Kaisepakte öster om Abisko är brant men området är snöfattigt och bedöms så vara även i framtiden. Eftersom den framtida stormfrekvensen i området är osäker är det naturligt att basera bedömningen av den framtida lavinaktiviteten på snömängden som troligen kommer att minska i området. En höjd trädgräns kan på sikt möjligen bidra till färre laviner. Sammantaget bedöms att laviner blir mindre vanliga.

Ras och skred

Ras och skred är exempel på snabba massrörelser i jord eller berg. I ett ras rör sig de enskilda delarna som sand, grus och stenar fritt i förhållande till varandra under hela förloppet. I ett skred är det en sammanhängande massa av jord eller en större del av en bergsslänt som kommer i rörelse. Skred är vanligast i jordar med silt och lera. Det är främst i landets sydvästra delar där det finns marina leror som drabbas av stora skred. Frekventa mindre skred förekommer längs älvdalar i Norrland. Skred och ras inträffar ofta i samband med snösmältning och tjällossning och efter stora regnmängder. Trafikverket har med sitt arbete upprättat två handböcker i riskanalys för dessa händelsetyper samt för

⁷² SMHI, 2015: [Framtidsklimat i Norrbottens län](#). Rapport. 91 sidor.

⁷³ Trafikverket: [Lavinbekämpning i närheten av Malmbanan och E10](#) (hemsida).

⁷⁴ SMHI, 2015: [Framtidsklimat i Norrbottens län](#). Rapport. 91 sidor.

översvämningar, erosion och bortspolningar. Det finns en handbok för vägar och en för järnvägar.^{75, 76}

Det finns få dokumenterade skred och ras längs vägar i NTS. Erfarenheter från södra Norrland under översvämningarna 2000 och 2001 pekar på att skred och ras inte orsakar trafikstopp men stora störningar i trafiken och dyra återställningskostnader. Längs järnvägar finns några få områden med återkommande ras. Längs Malmbanan finns ett rasfarligt område vid Björkstugan mellan Abisko och Riksgränsen där flertalet händelser beror på att ett befintligt varningssystem larmat för nedrasade block. Skador på anläggningen i övrigt är sällsynta. Vid Taberg söder om Jönköping har block rasat ned på järnvägen vid några tillfällen. Merförseningar har varit begränsade. En nationell karta över händelser som kan relatera till ras, skred, översvämningar, erosion och bortspolningar redovisas i figur 25 tillsammans med den framtida förändringen av nederbörd. Merförseningen för dessa fem händelsetyper under perioden 2010-2018 uppgår till 183 timmar/år.

Det stora skredet i Småröd 2006 hade omfattande påverkan på både väg och järnväg (se figur 24) och de samhällsekonomiska kostnaderna har uppskattats till 520 miljoner kr i dåtidens penningvärde.⁷⁷



Figur 24. Lerrmassor som trycks upp på Bohusbanan i samband med skredet 2006 vid Småröd, Västra Götalands län. Foto: Trafikverket.

⁷⁵ Trafikverket, 2017: Handbok. Riskanalys vald vägsträcka. Rapport. 72 sidor.

⁷⁶ Trafikverket, 2019: [Handbok. Riskanalys vald järnvägssträcka](#). Rapport. 63 sidor.

⁷⁷ MSB, (okänt årtal): [Analys av samhällsekonomisk kostnad. Skredet vid E6 i Småröd, 2006](#). Rapport. 45 sidor.

Ett förändrat klimat med ökade flöden, mer intensiva skyfall och förändrade markvattenförhållanden kommer leda till att sannolikheten för ras och skred ökar inom befintliga riskområden.⁷⁸ Lokala förändringar i avrinning, som efter skogsavverkning, kan påverka risken genom att vattnet söker sig andra vägar i terrängen men även att vattnet kommer betydligt snabbare ner till lågpunkter.

Erosion och bortspolning

Ofta är intensiv nederbörd utlösande för erosion eller bortspolning men även snösmältning kan bidra. Förändrade avrinningsförhållanden som uppstått på grund av hårdgjorda ytor och skogsavverkning kan påverka. Tjäle och höga grundvattennivåer kan göra att markens infiltrationsförmåga är begränsad varvid det mesta av nederbörden leds bort genom ytavrinning.

Om vattendraget rinner igenom områden med buskar och mindre träd samt erosionskänsliga jordarter kan dessa föras med och täppa igen trummor vilket gör att vattnet måste söka sig igenom eller över vägkropp och banvall som till slut ger vika på grund av ensidigt vattentryck och erosion. Det upprepas att Trafikverket har upprättat två handböcker i riskanalys för dessa händelsetyper samt för ras, skred och översvämningar. Det finns en handbok för väg och en för järnväg.^{79 80}

Bortspolning av banvallar hör till de händelser som kan orsaka urspårningar vilket också skett vid några tillfällen som exempelvis vid Riksgränsen 1999 och Skymossen 2015 söder om Hallsberg.⁸¹ Händelsen vid Ånn i västra Jämtland 2006, då både väg och järnväg spolades bort, kunde också ha orsakat en allvarlig urspårning.⁸² Förutom denna händelse har vägar bland annat spolats bort i Piteå 1997 och Orust 2002.^{83 84} Figur 25 visar geografisk fördelning av erosion, bortspolningar, ras, skred och översvämningar som inneburit merförseningar av olika varaktighet längs järnvägen.

⁷⁸ Som tidigare beskrivits fick SGI och MSB i juni 2019 ett regeringsuppdrag att identifiera särskilda klimatrelaterade riskområden i Sverige avseende ras, skred, översvämning och erosion. I uppdraget ingår att beskriva samhällsekonomiska konsekvenser och rangordna riskområden. Rapportering av uppdraget ska senast ske i maj 2021.

⁷⁹ Trafikverket, 2017: Handbok. Riskanalys vald vägsträcka. Rapport. 72 sidor.

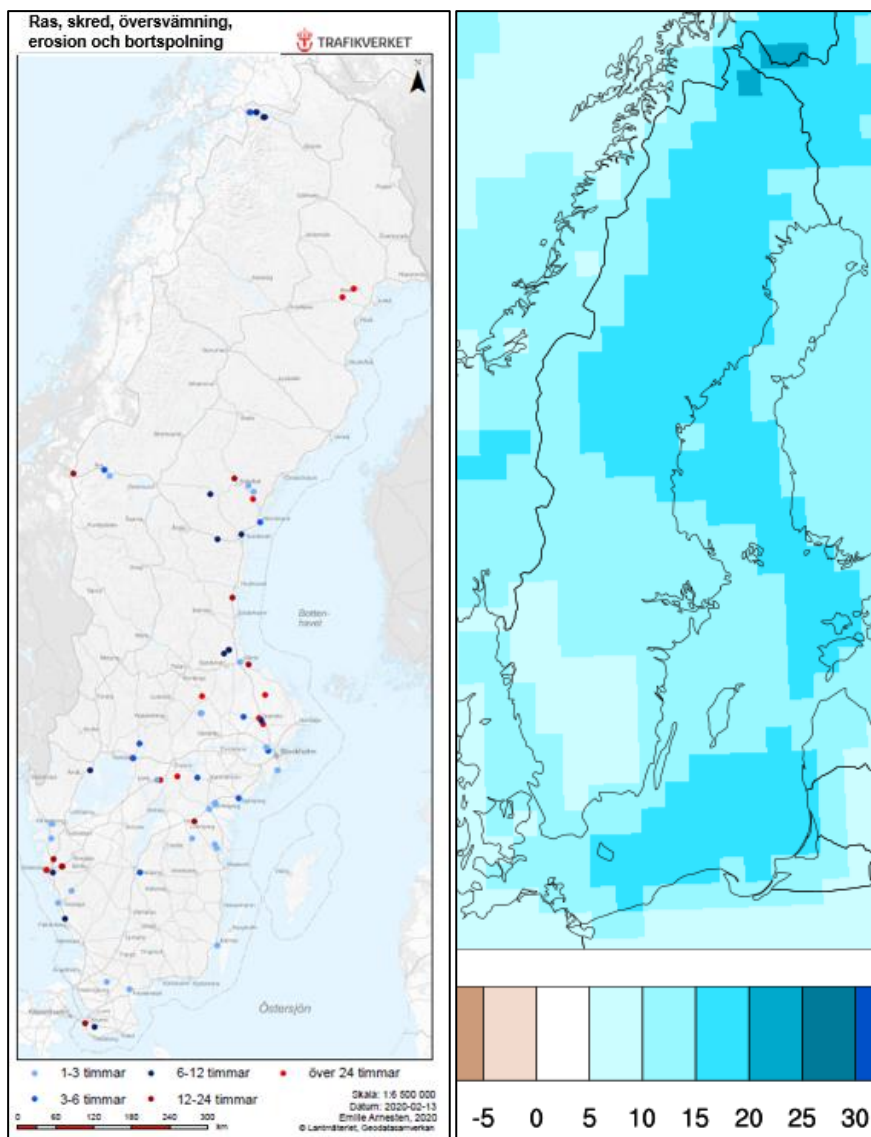
⁸⁰ Trafikverket, 2019: [Handbok. Riskanalys vald järnvägssträcka](#). Rapport. 63 sidor.

⁸¹ Vid Riksgränsen spårade ett malmtåg spårade ur och reparationsarbetet varade ungefär en vecka enligt artikeln i tidningen Ny Teknik (hemsida): [Urspårning kostar minst 30 miljoner](#).

⁸² SGI, 2010: [Slamströmmen i Ånn 30 juli 2006. Dokumentation och analys. Analys av befintlig metodik för översiktlig och detaljerad utredning av faran för slamströmmar](#). Rapport. 56 sidor.

⁸³ Räddningsverket, 1997: [Översvämning i Piteå kommun](#). Rapport. 30 sidor.

⁸⁴ Krisberedskapsmyndigheten, 2002: [Åsk- och regnoväder över Orust - tusen och åter tusen frågor](#). Rapport. 32 sidor.



Figur 25. Karta till vänster: Händelser relaterade till erosion, bortspolningar, ras, skred och översvämningar längs järnvägar som uppgivit upphov till merförsening av olika varaktighet. Källa: Ofelia 2010-2018. Karta till höger: Procentuell förändring i % av årsnederbörd mellan perioden 1971-2000 och 2071-2100. Källa: SMHI.

Sett ur ett nationellt perspektiv för både väg och järnväg förekommer bortspolningar och undermineringar då och då och speciellt på järnväg kan konsekvenserna bli stora i händelse av urspärning. Sannolikheten för bortspolningar kommer att öka eftersom nederbörden kommer att öka i mängd och intensitet. Det ter sig slumpmässigt var dessa mycket intensiva regn inträffar och de är oftast mycket lokala händelser. Vanligen inträffar de under eftermiddagar sommartid. Händelsen i Ånn i 2006 är ett exempel på mycket kraftig nederbörd som inte indikerades vid någon närbelägen väderstation. Årsmedelnederbördens förändring i det framtida klimatet antas vara en någorlunda god bedömningsgrund för hur antalet händelsetyper utvecklas i framtiden (se figur 25). Ökningen av årsnederbörd indikerar fler händelser av erosion och bortspolningar samt fler ras, skred och översvämningar.

Slamströmmar och moränskred

En slamström är en flytande massa av vatten och jord som rör sig nedför en bäckravin eller en brant sluttning. Slamströmmar uppstår i samband med intensiva nederbördstillfällen och är vanligast i fjällen. För att en slamström ska kunna utvecklas krävs en hög vattenhastighet och att det finns material som kan lossgöras så som jordmaterial, sedimentärt berg, träd eller buskar längs vattendraget. Moränskred uppstår i morän som kommer i rörelse i lutande terräng på grund av högt vatteninnehåll.

Väg och järnväg har drabbats av moränskred i Åre. I september 1988 rann 700 m³ ut på väg E75 och delar av banvallen eroderades. Slamströmmar har också inträffat 2003 och 2010 och skadat både vägar och järnväg vilket föranlett trafikstopp i dagar.⁸⁵

Mer intensiva skyfall och ökad nederbörd medför ökad sannolikhet för och omfattning av slamströmmar och moränskred där de geologiska förutsättningarna finns. I nuläget verkar Åre vara ett särskilt riskområde där markanvändningen möjligen har påverkat sannolikheten för slamströmmar.

3.5. Djur

Viltolyckor

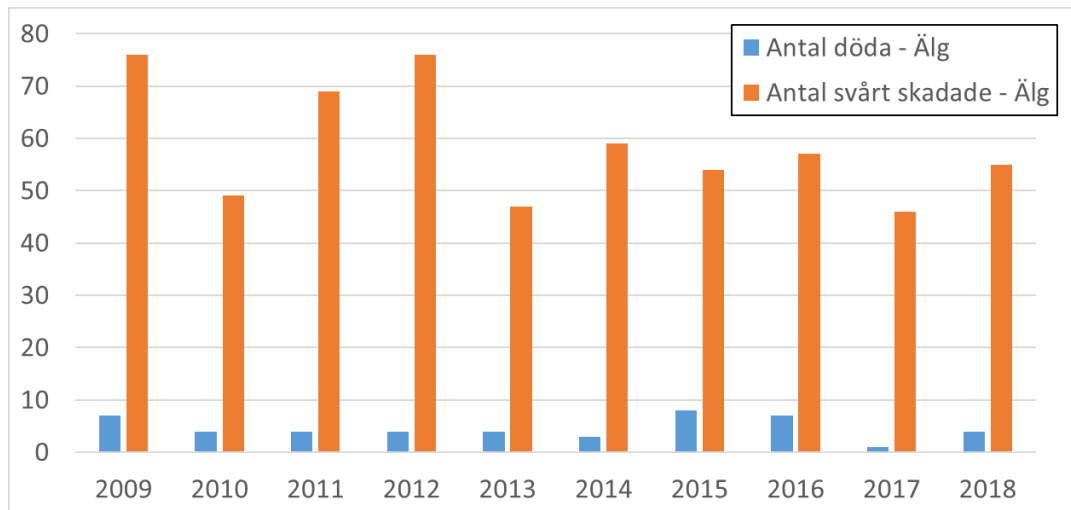
Vägar och järnvägar genomkorsar olika landskapstyper där vilt kan förekomma. Ofta finns även attraktiv föda i vägars och järnvägar sidoområden, längs järnvägen särskilt några år efter trädsäkring.⁸⁶ Populationernas storlek regleras av tillgång på föda och jakttryck. Längs långa sträckor finns viltstängsel för att förhindra att djuren tar sig in på anläggningen. På senare år har även broar för faunapassager byggts för att helt separera djurens rörelser med vägtrafiken. Under snörika vintrar kan järnväg och väg fungera som vandringskorridorer för vilt och inte minst älgen. Olika arter har sina specifika habitat och rörelsemönster.

Påkörningar och olyckor med vilt längs vägar och järnvägar är mycket vanliga. Större djurarter som älg och vildsvin kan orsaka stora skador på fordon. De olika arter som framförallt förekommer i statistiken över påkörda djur längs vägar med personskador är älg, rådjur och vildsvin. Det finns vissa skillnader mellan olyckor längs vägar och järnvägar. Till skillnad från i vägtrafiken skadas inga människor fysiskt i samband med påkörningar av vilt längs järnväg. Dock kan det orsaka betydande arbetsmiljöproblem för lokförare och för de som ska sanera på olycksplats. Vid lokskada kommer försening för involverat tåg uppstå liksom det kan uppstå störningar för övrig trafik. Ur miljösynpunkt innebär varje påkörning död eller lidande för djuren. En ytterligare följd av påkörningarna med negativ miljöpåverkan är påkörda rovfåglar som äter av de kadaver som blir liggande i spårområdet efter tidigare påkörningar. Olyckor med vilt leder varje år till stora samhällsekonomiska kostnader. Den årliga kostnaden av viltolyckor längs vägar uppgår till mellan 5,5 till 6

⁸⁵ Uppgifterna kommer från Naturolycksdatabasen som MSB ansvarar för.

⁸⁶ Trafikverket, 2015: Förstudie Viltsäker järnväg. Utredning om olycksdrabbade sträckor och förslag till lösningar. Rapport. 58 sidor.

miljarder kr.⁸⁷ Exempelvis beräknas det genomsnittliga värdet för en älgpåkörning längs väg vara ca 270 000 kr. Motsvarande siffror för rådjur och vildsvin är ca 60 000 kr respektive 69 000 kr. Avstängningstid av väg efter viltolyckor uppgår i genomsnitt till ca 40-60 minuter.⁸⁸ Figur 26 anger utvecklingen av antal döda och svårt skadade personer i vägtrafikolyckor där älg varit involverad.



Figur 26. Antalet döda och svårt skadade personer i älgrelaterade olyckor på statliga vägar under perioden 2009-2018. Källa: Transportstyrelsen, Strada 2009-2018.

Klimatberoendet för de arter som orsakar viltolyckor är både direkt och indirekta. Lufttemperatur, tillgång till föda och vatten, populationer av rovdjur som jagar arten, sjukdomar, förändringar i landskap som skogsbruk och naturliga vegetationsförändringar kan alla påverka hur stor populationen av en art är. Överlag förväntas det varmare klimatet att öka populationer av berörda arter vilket i sig talar för fler viltolyckor. I norra Sverige kan den förväntade uppgången i olyckor begränsas av mindre snötäcke vintertid. Viktiga reglerande faktorer för berörda djurpopulationer är jakttryck och utfodring. Det är således flera faktorer som styr hur stora problem viltolyckor orsakar i framtiden.

Renpåkörningar

Påkörningar av ren längs vägar och järnvägar är vanligt förekommande i Norrbottens, Västerbottens, Jämtlands och i norra delarna av Dalarnas län. Personskador vid påkörningar längs vägar är relativt ovanliga.⁸⁹ Utöver ersättningen av slaktvärdet till renägaren har Trafikverket ytterligare kostnader till entreprenören för uttryckningstillägg, arbetstid, övertid och fordonskostnader. Totalkostnaden för en tågdödad ren uppgår till ca 8-10 tkr. Kostnaden för ersättningsbelopp till renägare redovisas i tabell 3.

⁸⁷ Jägerbrand m. fl., 2018: [Uppdatering och nya effektsamband i effektmodellen för viltolyckor](#). Rapport. 68 sidor. Rapporten är beställd av Trafikverket.

⁸⁸ Källa: NTS. Beräkningen inkluderar även olyckor utan personskador.

⁸⁹ Under perioden 2009-2018 har en person omkommit, elva skadats svårt och 90 skadats lindrigt i olyckor där renar varit inblandade (Källa: Transportstyrelsen, Strada).

Tabell 3. Ersättningsbelopp (1000-tals kr) till renägare efter olyckor längs väg och järnväg. Källa: Jordbruksverket.⁹⁰

Typ av ersättning (kr)/År	2013	2014	2015	2016
Ersättning för tågdödade renar	2 922	3 172	4 235	3 046
Ersättning för vägtrafikdödade renar	4 498	4 269	7 877	6 905
Ersättning totalt för trafikdödade renar på väg och järnväg	7 420	7 441	12 112	9 951

Klimatförändringarna påverkar förutsättningar för renar och rennäring.⁹¹ Även om mindre snö i renbetesområden tidvis kan göra det lättare för renen att komma åt bete vintertid i skogslandet kommer ett ökat antal nollgenomgångar i högre grad skapa skare och is. Därmed försvåras renens åtkomst till betet. En indirekt konsekvens kan också vara att skogen förtätas och tillgången till lav minskar. Flera faktorer pekar således på sämre förutsättningar för rennäring i framtiden. Det behöver inte automatiskt betyda att antalet renar minskar. Mindre snödjup vintertid bör tala för att renar i lägre grad uppehåller sig kring plogade vägar och järnvägar. Samtidigt kan svårigheterna att få tag på föda göra att renarna rör sig över större områden och därmed längs vägar och järnvägar. En försiktig bedömning är att antalet renpåkörningar kommer att ligga på en likartad nivå i framtiden.

Fåglar

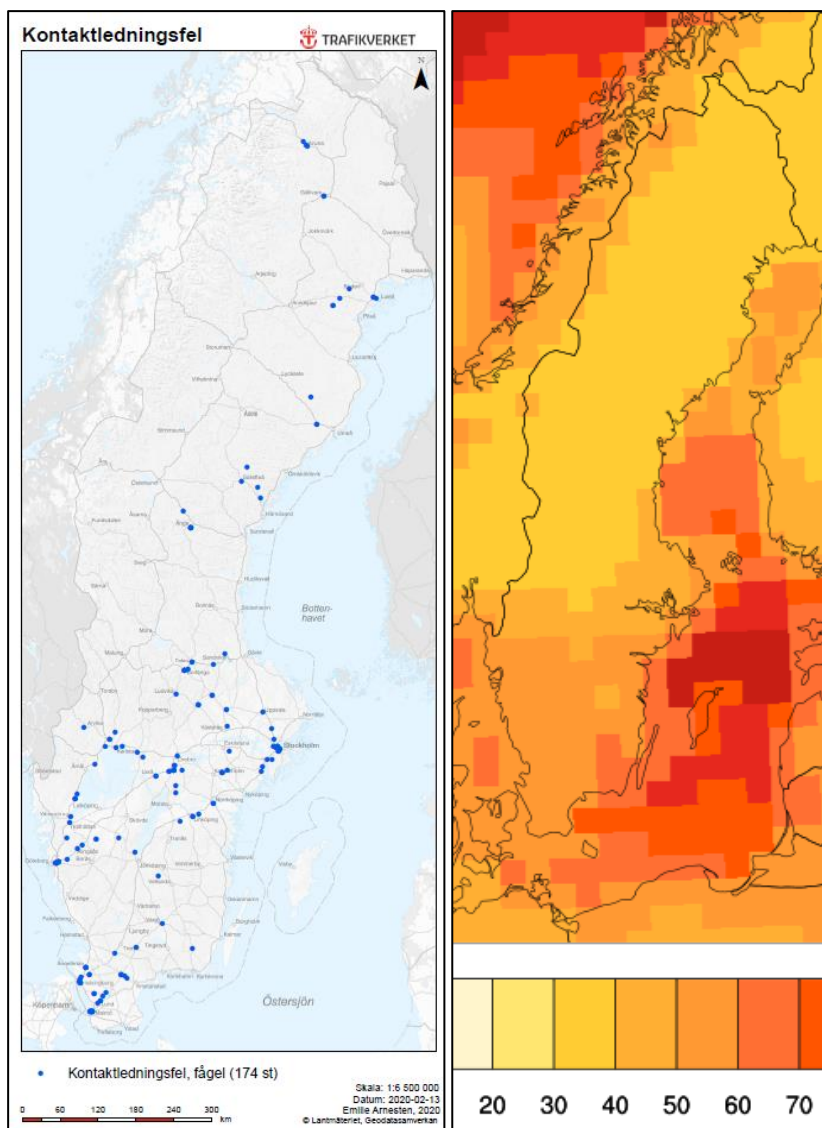
Fåglar har i kontaktledningsanläggningen en attraktiv plats. I kontaktledningsstolparna finns konsoler och utliggare som ger sittplatser med god överblick över närområdet.⁹² Fåglar kan orsaka kontaktledningsfel genom kortslutning. Statistik visar att den årliga merförseningen av kontaktledningsfel orsakade av fåglar uppgår till 313 timmar per år under perioden 2011-2015. Längre förseningar än en timme uppstår framförallt i södra Sverige vilket framgår i figur 27. Sommaren är den tid året med flest kontaktledningsfel som orsakats av fåglar och sett över dygnet inträffar störningar framförallt under morgon och eftermiddag. En brand i två teknikhus längs västra stambanan 2018 orsakades av en fågel vilket ledde till trafikstopp under tio dagar.

I vilken omfattning klimatförändringarna påverkar sannolikheten för fågelorsakad kortslutning av kontaktledningen är svårt att bedöma. Sannolikheten bör i viss mån stå i proportion till populationen av de arter som är benägna att orsaka problem. Oftast anges inte vilken fågelart som orsakat händelsen men i de fall det görs förefaller kråkor och skator vara vanligt förekommande. Eftersom kortslutningar i det nutida klimatet framförallt infaller under sommaren bedöms att en förlängd vegetationsperiod skulle kunna bidra till ökad tillgång på föda och till större fågelpopulationer sommartid. Därför bedöms antalet kontaktledningsfel som beror på fåglar att öka i framtiden. Eftersom den framtida ökningen av vegetationsperioden är störst i södra Sverige (se figur 27) kan man förvänta sig att antalet kortslutningar ökar särskilt mycket där.

⁹⁰ Jordbruksverket, 2019: [Jordbruksstatistisk sammanställning 2019](#). Rapport. 317 sidor. Se kapitel 9 Stödåtgärder.

⁹¹ Sametinget, 2017: Klimatanpassning. Handlingsplan för samiska näringar och kultur. Rapport. 71 sidor.

⁹² Trafikverket, 2017: Fåglar – kontaktledning. Rapport. 72 sidor.



Figur 27. Karta till vänster visar av fåglar orsakade kontaktledningsfel med en merförsening på en timme eller mer under perioden 2010-2018. Källa: Ofelia. Karta till höger visar förändring i vegetationsperiodens längd (dagar) mellan perioderna 1971-2000 och 2071-2100. Källa: SMHI.

3.6. Växtlighet

Brand

Stora skogsbränder på senare år har fått stor uppmärksamhet men varje år förekommer också ett stort antal mindre skogs- och gräsbränder. Skogsbränder förekommer under hela sommarhalvåret men är vanligast under högsommaren. Skogsbränder sprids bäst genom barrträdsdominerade skogar främst beroende på ett mer brännbart markbränsle. Lövskogars markbränsle är ofta inte lika torrt på sommaren. Vid en etablerad skogsbrand i barrskog kan branden i extrema fall spridas genom så kallad kronbrand eller toppbrand och detta sker inte i lövskogar. Brandrisken styrs av temperatur- och fuktighetsförhållanden och spridningen påverkas också av vindar som tillför syre.

Bränder i vegetation längs järnvägar och vägar kan uppstå av flera olika orsaker. Det kan röra sig blixtnedslag men också flera orsaker som är relaterad till järnvägen. Gnistbildning

från passerande tåg och nedrivna kontaktledningar kan initiera bränder. Underhåll som svetsning och spårslipning kan också skapa gnistor som antänder torr vegetation. Även avverkning i samband med trädsäkring kan orsaka gnistor. I redan trädsäkrade områden blir en framryckande brand lågintensiv utan att kunna skada järnvägsanläggningen. Vägar ger en god tillgänglighet för bekämpningsresurser och bränder i närhet av vägar lättare kan bekämpas än bränder i otillgängliga områden. Även i det trädsäkrade området kan bandgående släckningsfordon ta sig fram. Dessutom har väg- och järnvägsområdet en funktion av brandgata vilket åskådliggörs i figur 28. Mindre mängd vegetation i direkt anslutning till väg- och järnvägsanläggningen minskar risk för brandskador.



Figur 28. Bild från den stora skogsbranden i Hälsingland vid Lassekrog i Ljusdals kommun, 2018. Foto: Thomas Andersson.

Bränder som stört trafik längs vägar och järnvägar har förekommit.⁹³ Vid de stora bränderna sommaren 2018 var det få vägar som var avstängda. Längs järnvägen finns bara ett tiotal skogsbränder och några få gräsbränder dokumenterade i Ofelia men här finns troligen ett betydande mörkertal. En mycket stor skogsbrand längs västra stambanan mellan Laxå och Töreboda sommaren 2018 orsakade en merförsening på 475 timmar. Bortsett från denna händelse står beskrivna skogsbränder och gräsbränder för en genomsnittlig merförsening på ca 15 respektive 6 merförseningsstimmar per år. Hög brandrisk kan leda till stopp i trafik och underhållsåtgärder som exempelvis spårslipning och trädsäkringsavverkning. Även längs vägar kan brandrisken begränsa maskinell röjning vilket skedde sommaren 2018. Även rök från avlägsna bränder kan påverka trafiken.

Flera riskfaktorer för brand kommer att ändras med klimatförändringen. Högre temperaturer, längre perioder av torka samt fler åskväder gör att man kan förvänta att skogsbränder blir vanligare. Perioder med hög brandrisk kommer även i framtiden att vara vanligast i sydöstra Sverige. Brandrisksäsongen kommer att bli längre, i synnerhet i sydöstra Sverige.⁹⁴ Förhöjd brandrisk kommer att kunna begränsa banarbeten som kan medföra

⁹³ I NTS för perioden 2007-2018 finns en skogsbrand och en gräsbrand dokumenterade vilket indikerar att bränder längs vägar är ett begränsat problem. Sannolikt finns dock ett stort mörkertal.

⁹⁴ MSB, 2013: [Framtida perioder med hög risk för skogsbrand. Analys av klimatscenarier](#). Rapport. 66 sidor.

gnistbildning. Noterbart är att Trafikverket tagit fram en handlingsplan för att förebygga och hantera bränder i spårområdet.⁹⁵

Fallande träd

Träd som faller är ett problem längs både vägar och järnvägar. Utöver skador på kontaktledning ökar framför allt risken på oelektrifierade banor att träd inte bara blockerar banan utan tågen kolliderar med nedfallna träd. Det kan leda till olycka med urspårning. Erfarenheterna efter stormen Gudrun 2005 och andra stormar visade på nödvändigheten att fälla träd i närheten av järnvägsspåret för att minska sannolikhet att träd faller över spår eller kontaktledning. Längs järnvägen har Banverket och därefter Trafikverket sedan 2007 träsäkrat ca 500 mil järnväg. Träsäkring har i hög grad minskat antalet händelser med fallande träd vilket framgår i figur 29. Dessutom motverkas att hårda vindar böjer träd mot eller att grenar kommer i kontakt med kontaktledningen.⁹⁶



Figur 29. Träsäkringen längs järnvägen minskar sannolikheten för att träd ska falla över kontaktledning eller spår. Foto: Göran Fält.

Figur 30 redovisar rapporterade fällda träd längs järnväg respektive väg. Data från Ofelia för kontaktledningsfel där träd är orsak uppvisar en merförsening på ca 450 timmar/år fördelat på ca 200 händelser. Årligen inträffar det över 200 händelser med fallande träd över vägar. Det genomsnittliga totalstoppet per händelse är ca 1,5-2 timmar.

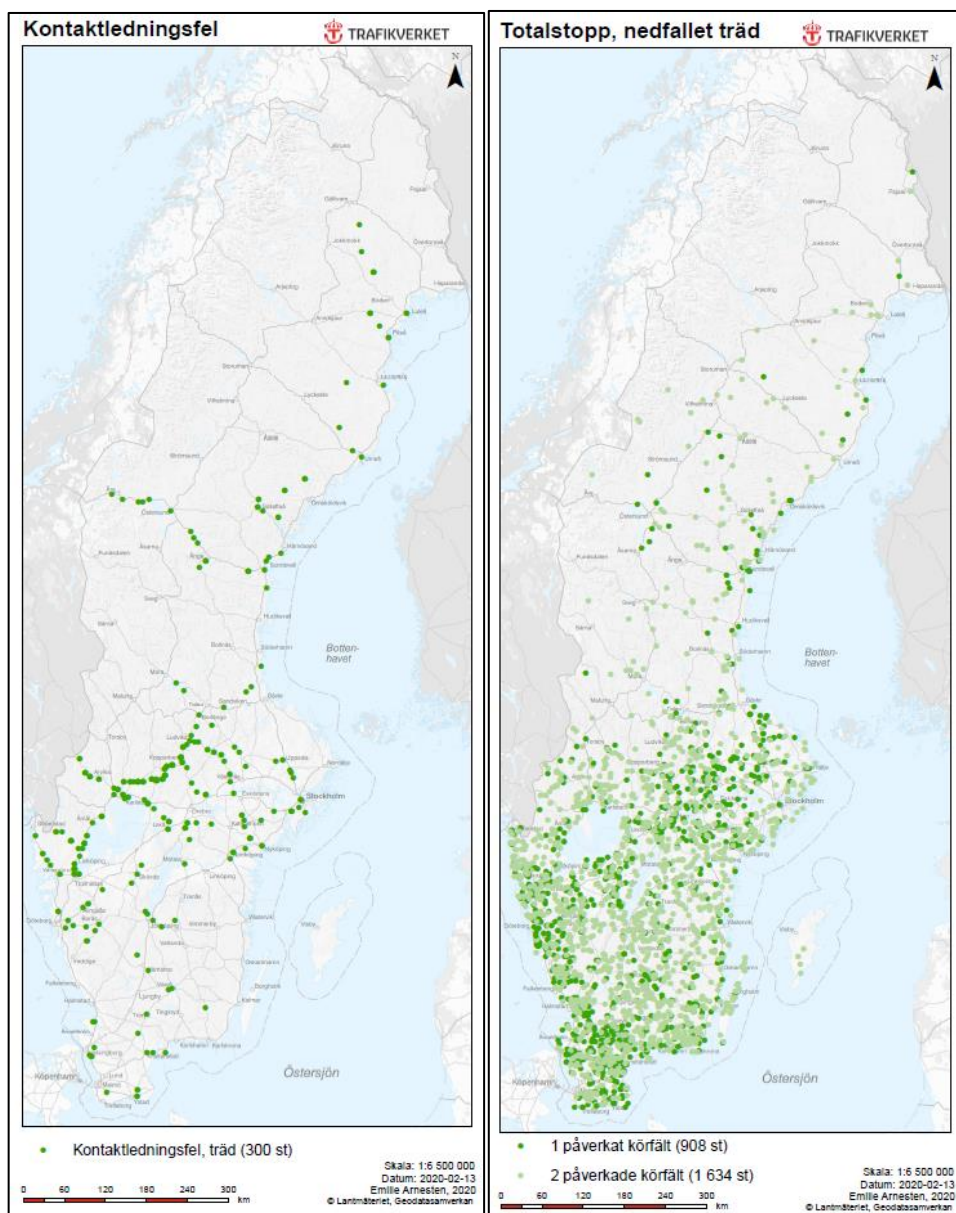
Det finns flera faktorer som kan påverka sannolikheten för fallande träd i framtiden. Den fasthållande tjälen i marken blir mer sällsynt. Rotfastheten minskar när grundvattennivåerna höjs på vintern. Risken för snöbrott ökar när mycket blöt snö faller vid temperaturer nära noll.⁹⁷ Lövträd är mindre känsliga eftersom de oftast är avlövhade och utgör ett mindre vindfång under hösten och vintern när det är som blåsigast. På längre sikt kan artsammansättningen av träd ändras och eftersom olika träddarter har olika rotsystem

⁹⁵ Trafikverket, 2018: [Svar till regeringen på Uppdrag att säkerställa beredskapen för vidmakthållande av statlig transportinfrastruktur vid omfattande skogsbränder eller extrema vädarsituationer](#). Rapport. 54 sidor.

⁹⁶ Sådana påkänningar bidrar också till att kontaktledningen degenereras.

⁹⁷ Skogsstyrelsen, 2015: [Skogen i ett varmare klimat](#). Rapport. 64 sidor.

och vindfång kan benägenheten att falla förändras. Granen kommer sannolikt fortfarande att vara väldigt vanlig och den kommer att öka i höjd. Det är troligt att temperaturhöjningen i kombination med ökad nederbörd gör att träd i norra Sverige kommer att drabbas av mer skador, så länge nederbörden faller i form av blötsnö. På längre sikt kommer antagligen risken för snöbrott att minska i de södra delarna av landet till följd av mindre nederbörd i form av snö. Utvecklingen av årstidsmedeltemperaturen under vintern visar att södra Sverige i slutet av seklet kommer att ha runt 0 °C vilket innebär att något egentlig tjäle inte förväntas. Därmed bör benägenheten öka för träd att falla vintertid, inte minst med tanke på att skogarna i södra och sydvästra Sverige är mer utsatta för hårda vindar i samband med lågtryck.

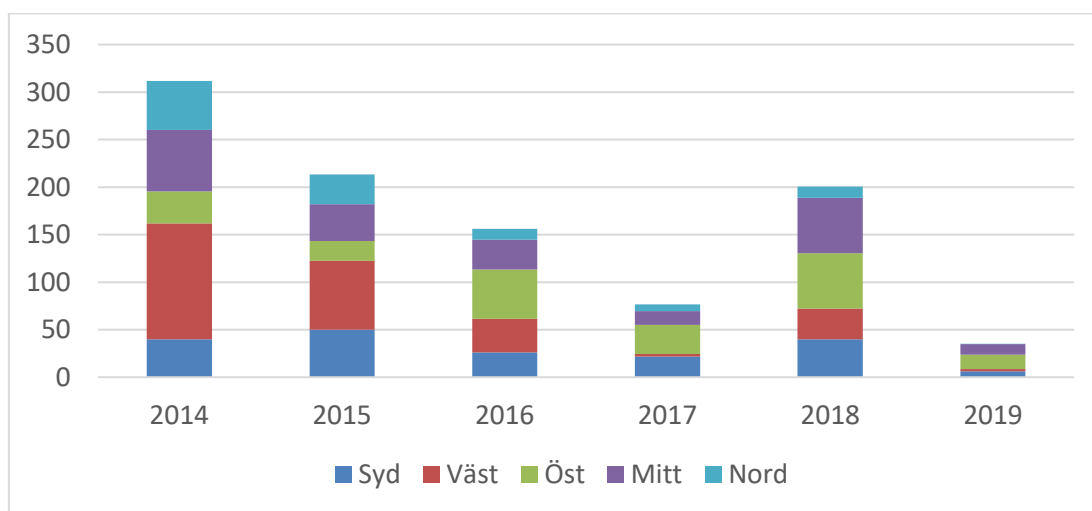


Figur 30. Vänstra kartan visar träd som fallit över järnvägsnätet och orsakat merförstöring på 60 minuter eller mer under perioden 2010-2018. Källa: Ofelia. Högra kartan visar träd som fallit över vägar under perioden 2007-2018. Källa: NTS.

Spårhalka

Löv och barr som faller på rälen under hösten och krossas av tågens hjul minskar påtagligt friktionen mellan hjul och räl. Problemet förvärras om det är fuktigt och låg temperatur. Problem uppstår framförallt för tyngre godståg i stigningar och inbromsningar kan bli längre vilket kan leda till trafikstörningar. För att undvika spårhalka röjs i förebyggande syfte vegetationen i backar, vid signaler och vid plattformar. Friktionsmedel och tvättning av spåren är andra åtgärder.

Spårhalka leder varje höst till merförseningar och medelvärdet nationellt för perioden 2014-2019 är 165 merförseningstimmar per år.⁹⁸ Någon detaljerad geografisk fördelning av spårhalka finns inte tillgänglig utan antal merförseningstimmar under perioden visas regionvis i figur 31. I region Väst, Öst och Mitt orsakar spårhalka betydligt mer försening än i region Norr och Syd.⁹⁹



Figur 31. Diagram över antal merförseningstimmar orsakad av spårhalka per region under perioden 2014-2019. Källa: Trafikverket.

Ett ökat inslag av lövträd på bekostnad av barrträd längs järnvägsnätet kan på sikt göra att fler löv kommer att fällas i närheten av spårområdet. Eftersom hösttemperaturer kommer att öka förväntas lövfällningen inträffa senare. Luftfuktigheten är också en viktig faktor men det är oklart hur den förändras i framtiden. Trädsäkring verkar minska förekomsten av spårhalka men allteftersom sly växer upp verkar halkan återkomma.¹⁰⁰

Bedömningen för framtiden är att problem med spårhalka kommer att öka längs sträckor som inte trädsäkrats. Bedömningen baseras på att ett ökat inslag av lövträd samt att ökad tillväxt ger högre och tätare trädbestånd som hindrar sol och vind att torka upp kring spåret.

⁹⁸ Trafikverket, 2019: Uppföljning årstidsstyrd beredskapsplan. Nationell, Hösten 2019, Järnväg. Rapport. 35 sidor.

⁹⁹ I region Öst i Verksamhetsområde Underhålls verksamhet ingår både region Öst och region Stockholm.

¹⁰⁰ Trafikverket, 2020: Trädsäkring och dess påverkan på förekomsten av spårhalka. Redovisning av resultat. Rapport. 34 sidor.

Invasiva arter

Trafikverket förvaltar och sköter biologiskt värdefulla miljöer längs vägkanter, stationsområden och banvallar. Dessa områden kan hysa en stor mängd blommande örter och många insekter, även hotade arter. Invasiva främmande arter är arter som människan avsiktligt eller oavsiktligt har spridit utanför sitt naturliga utbredningsområde. Dessa arter bedöms hota eller inverka negativt på biologisk mångfald och ekosystemtjänster samt även påverka infrastrukturen. Exempel på invasiva arter är blomsterlupin, jätteloka, parkslide, jätteslide, kanadensiskt gullris och jättebalsamin. Arterna sprider sig snabbt och är svåra och kostsamma att bekämpa. Under 2019 utfördes bekämpning av jätteloka på ca 500 platser utefter järnvägsanläggningen.

Exempelvis har parkslide en förmåga att orsaka mekaniska skador på infrastruktur- och transportnät, på grund av den kraftiga tillväxttakten hos rötterna.¹⁰¹ Rotsystemet kan tränga igenom hårda strukturer som asfalt, dränering, betong och avlopp varvid åtgärder måste vidtas (se exempel i figur 32). Geografisk utbredning i Trafikverkets anläggningar och kostnader för skador och bekämpning av invasiva arter har inte varit möjliga att erhålla.



Figur 32. Det är vanligt att parkslide förekommer vid brofundament. Genom att använda en duk har mängden massor som grävs ur minimerats. Dock finns risk för genomträngning av rötter vid ändar, skarvar och stolpgenomföringar. Väg E6, Lerbomotet utanför Uddevalla. 2019. Foto: Svevia.

Med ökad temperatur, mer nederbörd och en längre vegetationsperiod i framtiden bör förutsättningarna för invasiva arter, som är endogena i varmare klimat, gynnas. I synnerhet parkslide kan komma att skada infrastruktur. Det innebär att större insatser krävs för bekämpning. Arter som idag har problem att fullgöra sin livscykel på ett effektivt sätt är

¹⁰¹ Centrum för biologisk mångfald, 2015: [Invasiva arter i infrastruktur](#). Rapport. 104 sidor.

exempelvis malörtsambrosia. Den skapar stora problem för pollenallergiker och är en plåga i delar av Mellaneuropa, och kan få lättare att producera frön även i Sverige.

Övrig vegetation

Vegetation och önskad växtlighet som skymmer sikten gör att värdefull information inte kan uppfattas av förare i tid eller rentav inte uppfattas alls vilket kan påverka trafiksäkerheten. Vegetation i vägkanter och diken kan hindra vattenavrinning och upptorkning. Slåtter, röjning och bekämpning förbättrar således sikten. Dessutom förbättras vägens avvattning och dränering. Samtidigt möjliggörs att sidoområdet kan vara livsmiljöer av värde för biologisk mångfald.

Ett stort antal signalfel rapporteras på grund av att önskad växtligheten står i vägen för signaler längs järnvägen. Den sammanlagda merförseeningen per år uppgår till ca 13 timmar under perioden 2010-2018. På väg har två trafikolyckor med personskador inträffat när ogräsbekämpningsfordon blivit påkörda.¹⁰²

Varmare temperaturer och mer nederbörd ger i framtiden en längre vegetationsperiod i stora delar av landet. För att erhålla ett bibehållet resultat förväntas behovet av röjning, slåtter och bekämpning att öka i framtiden. Därtill ska läggas betydelsen av att kemisk bekämpning kan vara mindre effektiv i värme vilket påvisades sommaren 2018.¹⁰³

3.7. Havet

Havsnivåhöjning och kusterosion

Den globala temperaturhöjningen leder till att den globala havsnivån höjs på grund av två orsaker. Dels på grund av att landisarna, framförallt på Grönland och Antarktis, smälter i allt snabbare takt och därmed frigör stora mängder vatten till världshaven, och dels genom värmeexpansion, att havens volym ökar med ökande temperatur. För Sveriges del påverkar den varierande landhöjningshastigheten hur den framtida havsnivån stiger regionalt, vilket också visas i figur 33.¹⁰⁴ Landhöjningen varierar och är störst i norra Sverige vid Bottenvikskusten (ca 10 mm/år) och minst i Skåne (ca 1 mm/år).¹⁰⁵

Den långsiktiga havsnivåhöjningen är förhållandevis långsam och kommer i sig inte leda till några dramatiska händelser, men på sikt kommer det påverka befintlig infrastruktur och det åskådliggörs för närvarande vid väg 9 i södra Skåne. Normala fluktuationer i vattenstånd och vågor kommer att få en förändrad basnivå vilket medför att havet kommer än närmare befintlig infrastruktur.

Som en följd av höjda havsnivåer i kombination med stormar kommer erosionen att öka längs landets kuster, framför allt längs stränder i södra Sverige som består av erosionsbenägna jordar. Havsnivåhöjningen kommer att förändra förutsättningarna för

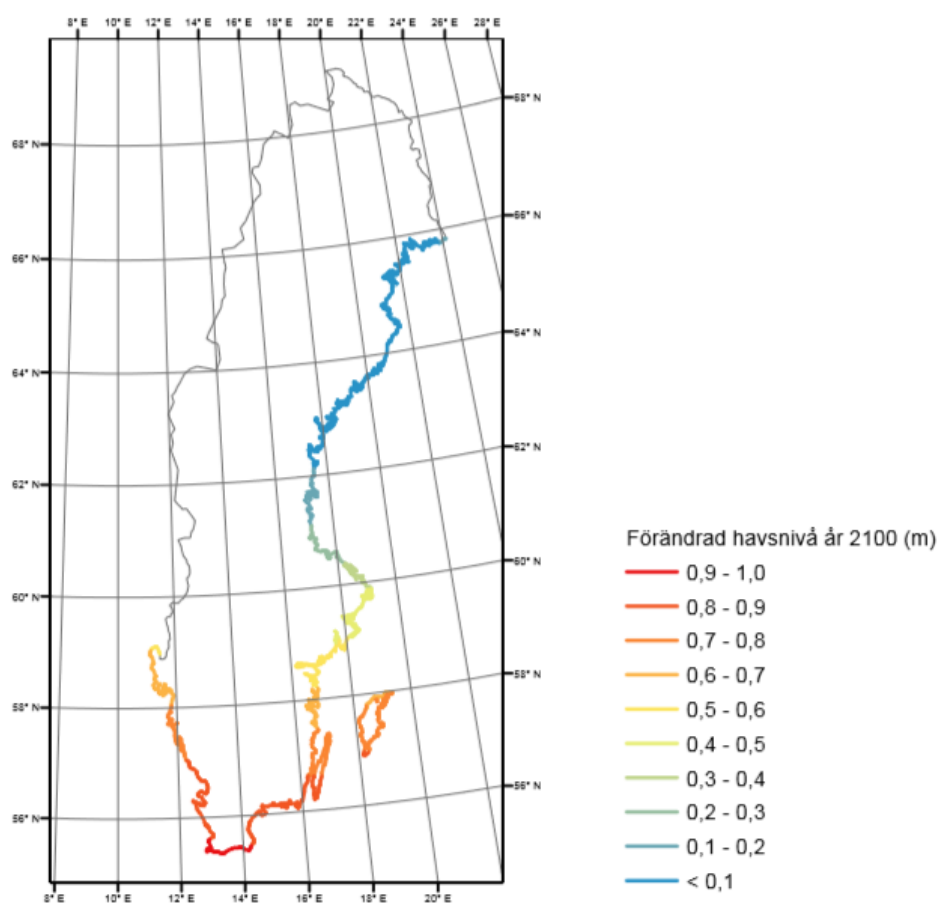
¹⁰² Sammanlagt skadades tre personer lindrigt i dessa olyckor. Källa: Transportstyrelsen, Strada 2009-2018.

¹⁰³ Noterbart är att glyfosat, som är den verksamma herbiciden i bekämpningsmedlet, är miljöfarligt och avses att förbjudas av EU. Användande av glyfosat är för närvarande godkänt till och med december 2023.

¹⁰⁴ SMHI och Naturvårdsverket (okänt årtal): [Framtidens havsnivåer](#). Faktablad. 2 sidor.

¹⁰⁵ Lantmäteriet: [Landhöjning](#). (hemsida).

trafiken med vägfärjorna. Vid de kustbundna färjelägena i Götaland, där den kompenserande landhöjningen är begränsad, bör toleransen för temporärt höga vattenstånd minska över tid.



Figur 33. Nettoeffekten av havsnivåhöjning och landhöjning i Sverige år 2100 under förutsättning av en global havsnivåhöjning på en meter under 100 år. Källa: SMHI och Naturvårdsverket.

Stormflod

Under speciella omständigheter av lågtryck, vindar och strömmar kan extrema högvattennivåer uppstå. Med havsnivåhöjningen höjs basnivån i södra Sverige för kraftigare kustöversvämningar, stormfloder. Även om inte vindregimen förändras i någon större omfattning kommer den höjda havsvattennivån göra att översvämningar når längre in på land och varaktigheten av översvämningar kommer att öka.

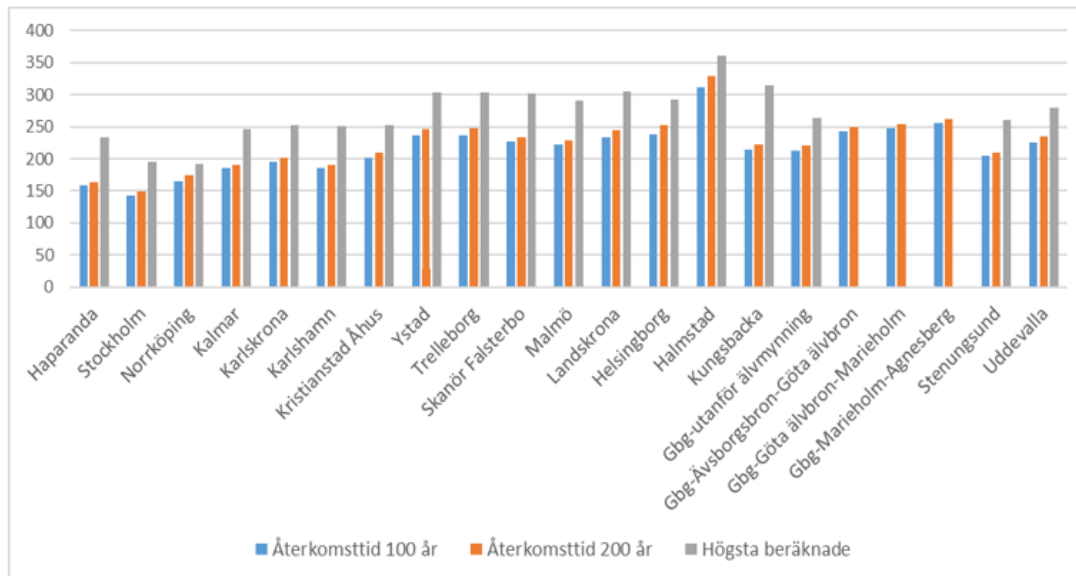
Kraftiga stormar har flera gånger översvämmat kustområden i Sverige. En sammanställning av stormfloder pekar ut ett antal vägavsnitt som drabbats av översvämningar från havet mellan 1980 och januari 2017 längs olika delar av Sverige.¹⁰⁶ Två stora stormfloder inträffade i Skåne 1872 och 1904 med vattennivåer upp till 2,5-3 m över dagens nivå.¹⁰⁷

¹⁰⁶ FOI, 2017: [Höga havsnivåer och översvämningar](#). Rapport. 105 sidor.

¹⁰⁷ Fredriksson m. fl., 2017: [Historiska stormhändelser som underlag vid riskanalys. Studie av översvämningarna 1872 och 1904 längs Skånes syd- och ostkust](#). VATTEN – Journal of Water Management and Research 73:93–108. Lund 2017.

Studier visar att landområden långt in från nuvarande kust kan översvämmas i Skåne och flera kommuner har hög risk för översvämning, däribland Kristianstad och Vellinge.¹⁰⁸

En uppskattning av extremnivåer i havsvattenstånd i framtiden kan erhållas genom att addera stormflodsnivåer i dagens klimat till den framtida, beräknade regionala havsvattennivån. Skagerack och Kattegatt kan ha nivåer på tidvattenflod som uppgår till 35 respektive 25 cm vilket gör att basnivåer för stormfloder kan vara ännu högre. Havsvattennivåer med återkomsttider på 100 år och 200 år och högsta beräknade nivåer för år 2100 redovisas för ett antal orter i figur 34.¹⁰⁹



Figur 34. Beräknade havsnivåer för år 2100 (cm) i RCP 8.5. Noterbart är att för Göteborg (Gbg) finns beräkningar för fyra områden, varav endast ett har beräknat högsta nivå. Orter i Hallands och Skånes län uppvisar särskilt höga nivåer. Källa: SMHI.

I exempelvis Trelleborg skulle en havsvattennivå på +3,0 m över dagens nivå motsvara det högsta beräknade flödet vilket också verkar vara i nivå med stormfloden 1872. Det skulle innebära att bangård, väg och hamnområde översvämmas. Även stormfloder som drabbar andra områden i Skåne och Hallands län förväntas ha särskilt höga nivåer jämfört med dagens havsvattennivå.

3.8. Övrigt

Förorenade områden

Trafikverket ansvarar för avhjälpande av förorenade områden som uppkommit av den verksamhet som har bedrivits av Banverket, Vägverket, Trafikverket och Statens järnvägar samt den flygplatsverksamhet som har bedrivits av Luftfartsverket.¹¹⁰ Med förorenade

¹⁰⁸ Arnsten, E., 2019: [Impacts of future sea level rise and high water on roads, railways and environmental objects: a GIS analysis of the potential effects of increasing sea levels and highest projected high water in Scania, Sweden](#). Examensarbete. Lunds universitet. 107 sidor.

¹⁰⁹ Beräkningar finns på MSB: [Översvämningskarteringar](#). (hemsida). Se under fliken "Översvämningskartering kust".

¹¹⁰ Trafikverket, 2019: Trafikverkets miljörapport 2018. Rapport. 70 sidor. Se kapitel 11. Uppdraget finns i § 7 i Trafikverkets instruktion.

områden avses föroreningar i mark- och vattenområden, byggnader och anläggningar. Föroreningarna kan ha uppstått till följd av tidigare avslutade verksamheter eller till följd av pågående verksamheter. De förorenade områdena Trafikverket har ansvar för kan återfinnas både inom och utanför Trafikverkets nuvarande fastigheter.

Högre och mer varierande grundvattennivåer innebär att de flesta ämnen i större utsträckning följer med vattnets flöde och därmed får en ökad spridning.¹¹¹ När havet stiger kan förorenade områden längs kusterna komma att översvämmas. Högre vattenflöden medför att större mängder lösta och partikelbundna föroreningar tränger ner i marken och transporteras via dagvattenledningar, ytvatten eller grundvatten ut i vattendrag, sjöar och hav. Högre vattenflöden kan också innebära att gamla och nyare industriområden och reningsverk översvämmas. Även områden där nederbörds mängderna förväntas minska och grundvattennivåer och flöden blir lägre kan påverkas genom förändringar i markens kemiska egenskaper. Högre medeltemperaturer tenderar också att öka föroreningars rörlighet, bland annat genom att perioderna med tjäle i marken blir kortare.

Trafikverket har i rapportering från ett regeringsuppdrag rapporterat om metodik för att samhällsekonomiskt värdera och prioritera olika skyddsåtgärder för minskad risk för transportsystemets påverkan på vatten.¹¹²

Sammanställning

Tabell 4 redovisar en översiktlig bedömning av hur olika händelsetyper och förhållanden relaterar till tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa. Enbart det mål vars uppfyllelse bedömts påverkas mest anges. Klimatförändringarna förefaller ha särskilt stor betydelse för tillgängligheten längs både vägar och järnvägar. Samtidigt kan det observeras att för klimatberoende vägtrafikolyckor berörs framförallt säkerhet.

¹¹¹ SGU: [Effekter på föroreningar i mark och vatten av ett förändrat klimat](#) (hemsida).

¹¹² Trafikverket, 2018: [Samhällsekonomisk metod för att beakta transportsystemets påverkan på vatten. En förstudie](#). Rapport. 80 sidor.

Tabell 4: Översiktlig bedömning av händelsetypers och förhållandens reduktion av transportpolitisk måluppfyllelse. Enbart det mål vars uppfyllelse bedöms vara mest påverkat anges.

Händelsetyp/Förhållande	Tillgänglighet	Säkerhet	Miljö	Hälsa
Buller				x
Vibrationer				x
Luftföroreningar				x
Ljusförhållanden		x		
Vind	x			
Åskväder	x			
Hagel	x			
Dimma		x		
Halka		x		
Vattenplaning		x		
Snö och is i växlar	x			
Snödrev	x			
Rälsbrott	x			
Tjälskador	x			
Värmebölja	x			
Solkurvor	x			
Blödande asfalt	x			
Översvämning - skyfall	x			
Korrosion	x			
Saltstorm	x			
Isstorm	x			
Vinderosion	x			
Arbetsmiljö				x
Översvämning - vattendrag	x			
Slasklavin	x			
Vattenstånd i sjöar	x			
Isvägars bärighet	x			
Islossning	x			
Lavin	x			
Ras och skred	x			
Slamström	x			
Viltolyckor		x		
Renpåkörningar			x	
Fåglar	x			
Brand	x			
Fallande träd	x			
Spårhalka	x			
Invasiva arter			x	
Övrig vegetation	x			
Havsnivåhöjning och erosion	x			
Stormflod	x			
Förorenade områden			x	

4. Resultat - Bestämmelser i lagar och andra författningar

Enligt förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete, som har sin grund i den Klimatlag (2017:720) som trädde i kraft den 1 januari 2018, ska klimat- och sårbarhetsanalysen identifiera bestämmelser i lagar och andra författningar som påverkar myndighetens arbete med klimatanpassning. En översyn har gjorts över det lagrum som berör de identifierade klimatanpassningsåtgärder som Trafikverket har rådighet över.

Omfattningen av lagstiftning med koppling till Trafikverkets klimatanpassningsåtgärder är mycket begränsad. Den enda påtagliga lagstiftning som hittats är förändringarna i 3 och 9 kap i Plan- och Bygglagen (PBL). I 3 kap 5 § 7 p framgår att kommunen i sin översiktsplan skall ge sin syn på risken för skador på den (be)byggda miljön till följd av översvämning, ras, skred och erosion som är klimatrelaterade. Kommunen skall även ge sin syn på hur riskerna med klimatrelaterade skador skall minska eller upphöra. Av 9 kap 12 § 1 st. 3 i samma lag framgår att det krävs marklov för åtgärder som kan försämra markens genomsläpplighet.

Viss koppling till klimatanpassning finns i hänsynsreglerna i miljöbalkens 2 kapitel, hushållningsbestämmelserna i miljöbalkens 3 kap. och i reglerna om miljökvalitetsnormer i balkens 5 kap. samt i bestämmelserna i 6 kapitlet om miljöbedömningar, se särskilt 11 och 35 §§. I miljöprövningsförordningen, som är kopplad till miljöbalkens 6 kapitel, finns bestämmelser om tillståndsprövning respektive anmälan av olika typer av verksamheter. Få av dessa verksamhetstyper är dock kopplade till Trafikverkets verksamhet.

5. Diskussion

Trafikverkets första klimat- och sårbarhetsanalys har haft en bred ambition vad gäller antalet identifierade händelsetyper och förhållanden som är klimatrelaterade och som kan påverka Trafikverkets verksamhet. Det finns många aspekter som diskuteras närmare i punktform nedan.

5.1. Avgränsning

- Väg- och järnvägstunnlar har inte analyserats närmare. I Klimat- och sårbarhetsutredningen pekade både Vägverket och Banverket på översvämningsrisk för lågt liggande tunnlar vid havsnivåhöjning.¹¹³
- Som underlag för olycksanalyser baserat på Strada har endast olyckor på statliga vägar tagits med.¹¹⁴ Det bör värderas om Trafikverket, som ansvarig myndighet för långsiktig infrastrukturplanering, också ska analysera klimatrelaterade trafikolyckor på kommunala vägar i sina klimat- och sårbarhetsanalyser. Det bör också värderas om Trafikverkets ansvar för långsiktig infrastrukturplanering samt infrastrukturhållning av statliga vägar och järnvägar gör att andra statliga vägar och järnvägar som Öresundsbron och Arlandabanan borde beaktas i myndighetens klimat- och sårbarhetsanalyser.
- Klimatanpassningsåtgärder har inte närmare berörts i denna analys. Trafikverket behöver arbeta vidare med att samhällsekonomiskt beräkna klimatförändringens effekter på sina anläggningar. Samtidigt är det värt att framhålla att ett klimatförändringsspektiv beaktas att vid byggnation och ombyggnation av vägar och järnvägar.
- I framtida analyser bör om möjligt hänsyn tas till långsiktig infrastrukturplanering och intermodalitet gällande samtliga fyra trafikslag.
- Trafikverkets instruktion (12 a §) lyfter fram ett särskilt ansvar för flygtrafik mellan Östersund och Umeå samt inrikessjöfart till och från Gotland. Dessa uppdrag gör det rimligt att värdera om Trafikverkets framtida klimat- och sårbarhetsanalyser även ska omfatta infrastruktur i dessa områden.
- Som ett avsett inslag i klimat- och sårbarhetsanalysen skickades ett internt frågeformulär ut inom organisationen till olika verksamhetsområden, centrala funktioner och resultatenheter. Frågorna rörde medvetenhet och styrning vad gäller klimatförändringar och klimatanpassning. Svaren indikerade att kunskap om klimatförändringar och klimatanpassning var begränsade i organisationen men det behövs en utökad uppföljning. Verksamhetsområde Stora projekt beaktar klimatförändringens effekt på översvämningsrisk. Verksamhetsområde Investering anser att lagstiftning är splittrad i tätort vad gäller skyfall och dagvattenhantering.

¹¹³ SOU 2007:60: [Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande](#).

¹¹⁴ I linje med förordning (2018:1428) om myndigheters klimatanpassningsarbete och ordalydelsen: *...Om myndigheten förvaltar eller underhåller statlig egendom, ska myndigheten också anpassa den verksamheten till ett förändrat klimat...*

De flesta verksamheter har inte gjort några egna analyser – exempelvis ansåg Verksamhetsområde IKT att man har utmaningar som är klimatrelaterade. Svarstiden uppfattades av vissa som snäv och vissa organisationsdelar svarade inte. En djupare analys av svar samt följdfrågor till verksamheterna planeras.^{115, 116}

5.2. Underlag

- Av de använda databaserna för inträffade händelser gavs intrycket att Transportstyrelsens Strada har högst tillförlitlighet. Dessutom innehöll händelsebeskrivningarna värdefull information om rådande väderlek. För NTS finns uppgifter om att alla inträffade händelser inte dokumenteras i databasen. Dessutom är händelsebeskrivningarna relativt kortfattade. För Ofelia saknas data och mer utförliga beskrivningar för flera inträffade händelser. Ett antagande har gjorts att positionsangivelsen för händelserna i respektive databas är tillräckligt noggrann ur ett nationellt perspektiv. För alla tre databaser har manuella filtreringar gjorts utifrån fritextbeskrivningar vilket kan ha påverkat uttagen.
- Geografiska koncentrationer av klimatberoende vägtrafikolyckor ska inte enbart tillskrivas klimatets betydelse utan geografiska variationer i trafikflödet måste också beaktas.
- Statistik ger en grov uppfattning om den nuvarande risknivån för klimatrelaterade händelsetyper. De svagheter som finns med ett för ensidigt användande av händelsestatistik är att för vissa händelsetyper som ras, skred och bortspolning kan riskreducerande åtgärder efter händelserna sänka sannolikheten för nya händelser på berörda platser. Detsamma kan inte sägas om exempelvis snödrev eller spårhalka där snöröjning och rensning av spår inte är av bestående karaktär.

5.3. Analys

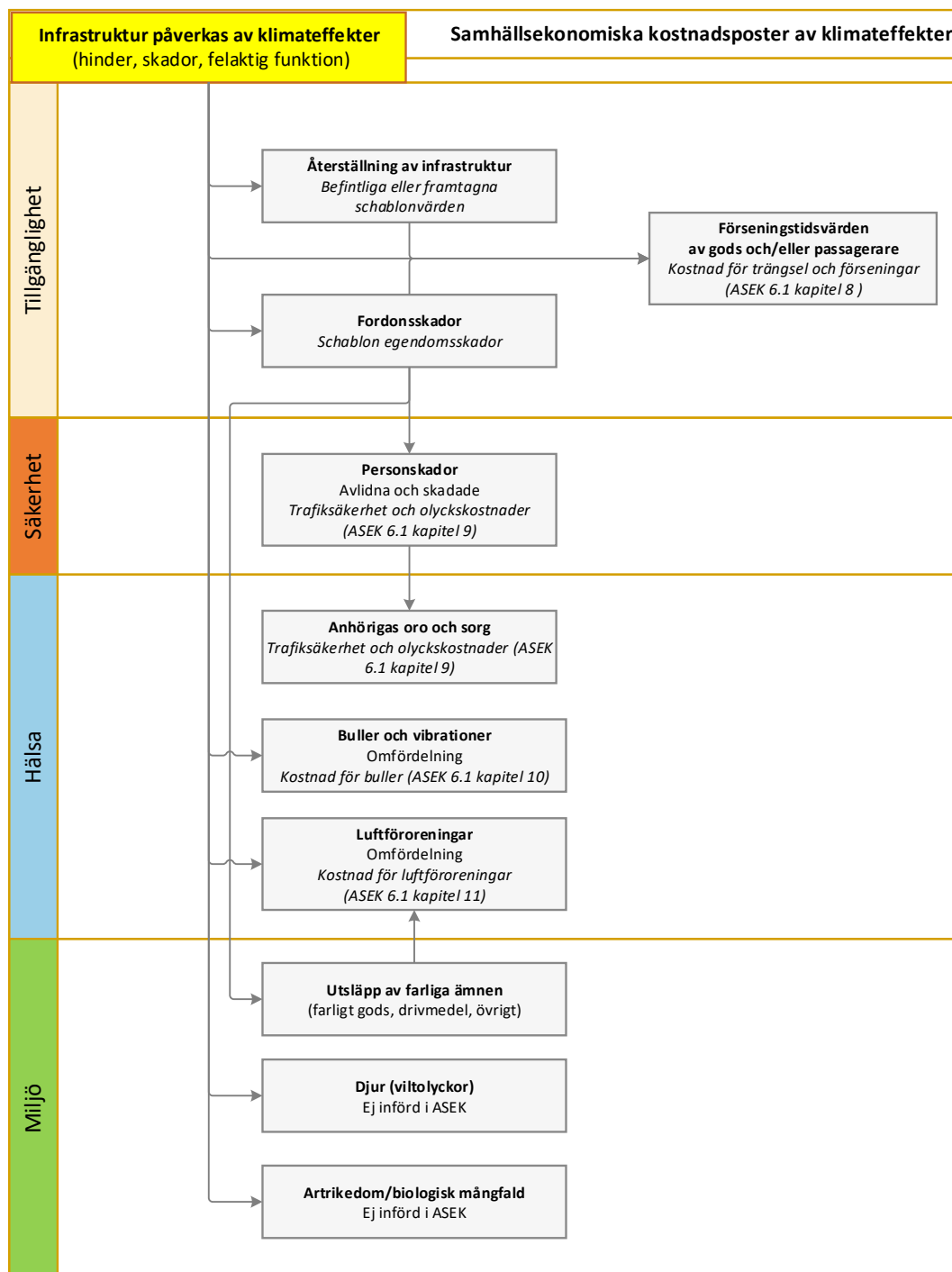
- Analyserna av nuvarande risknivåer var mestadels kvalitativa. För vägtrafikolyckor fanns data för att skatta säkerhet och för flera händelsetyper på järnväg kunde tillgängligheten skattas med förseningstid. Bedömningen av förändrad risknivå för respektive förhållande och händelsetyp i det framtida klimatet var kvalitativ och angav bara förändringens riktning och inte dess storlek. För vissa händelsetyper

¹¹⁵ Frågor som ställdes om medvetenhet var: Har någon analys gjorts av hur sårbar er verksamhet är för klimatförändringar? I vilken omfattning beaktas klimatförändringar i er verksamhet? Har chefer och medarbetare fått utbildning om klimatförändringar och klimatanpassning? Vilka risker (ökade problem/kostnader) ser ni med klimatförändringarna för verksamheten? Om ni ser risker, har ni förslag på klimatanpassningsåtgärder i för dessa risker? Vilka möjligheter (minskade problem/kostnader) ser ni med klimatförändringarna? Görs någon systematisk uppföljning av händelser/trender som skulle kunna vara klimatrelaterade?

¹¹⁶ Frågor som ställdes om styrning var: Pågår något systematiskt klimatanpassningsarbete med att anpassa verksamheten till klimatförändringarna? Finns styrande dokument (exempelvis arbetsordningar, inriktningsdokument, riktlinjer, metodbeskrivningar, regelverk, upphandlingsrutiner) för verksamheten som med tydlighet lyfter behovet av klimatanpassning? Om inte, bör klimatanpassningsbehovet lyftas i några dokument och i så fall vilka? Finns lagstiftning eller interna bestämmelser som underlättar, försvårar eller omöjliggör klimatanpassning? Om ja, vilka och hur? Finns någon person/funktion som är utpekad för att ansvara för klimatanpassning inom er verksamhet?

angavs också en geografisk fördelning av förändringen i risknivå. Det mest precisa sättet att kvantifiera skillnader i risknivå mellan olika händelsetyper och förhållanden, mellan väg och järnväg, mellan nutida klimat och framtida klimat samt mellan olika geografiska områden är sannolikt att utgå från en samhällsekonomisk värdering av tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa.

- Beräkning av kostnader för inträffade händelser skulle kunna utgå från att ta fram schabloniserade värden för olika kostnadsposter indelat efter transportpolitiska mål. En föreslagen förenklad modell av olika kostnadsposter presenteras i figur 35.



Figur 35. Översiktlig modell över kostnadsposter som kan ingå i bedömning av klimatförändringarnas betydelse för risknivåförändring.

- Vad gäller trafikolyckor är det svårt att avgöra i vilken grad olika händelsetyper som exempelvis dimma och halka bidragit till olyckorna. Eftersom begreppen tas upp i fritextbeskrivningen i Strada har de antagits haft betydelse men det kan inte säkerställas.
- Händelsetypers och förhållandens påverkan på uppfyllelse av transportpolitiska mål uppvisar en viss differentiering mellan väg och järnväg. Klimatrelaterade händelsetyper på vägar som leder till trafikolyckor har en tydlig koppling till säkerhet. Många av händelsetyperna på järnväg påverkar tillgängligheten.

5.4. Osäkerhet och känslighet

- Ett stort antal händelsetyper och förhållanden är mycket komplexa att bedöma vad gäller deras förändring av sannolikhet i framtiden. Det gör osäkerheten stor. Det är även en utmaning att tillförlitligt bedöma geografisk fördelning av sannolikheter.
- Det är för närvarande omöjligt att kvantifiera den samhälleliga risknivåförändringen utifrån scenarier för olika klimateffekter. Den rimligaste ansatsen med nuvarande kunskap är sannolikt en skattning av experter. Expertis bör både omfatta meteorologi och kunskaper om den infrastruktur och trafik som drabbas.
- Det är Trafikverkets ambition att i framtiden utöka känslighetsanalyser inom klimat och sårbarhetsanalyser. Trafikverket bör kontinuerligt omvärldsbevaka och vid behov ompröva sitt beslut att använda RCP 4.5 som huvudsakligt klimatscenario för sina klimat- och sårbarhetsanalyser. Utifrån analysens valda klimatscenario RCP 4.5 (RCP 8.5 för havsnivåhöjning) skulle en känslighetsanalys i första hand utgå från RCP 8.5 vilket skulle indikera mer negativa effekter för Trafikverkets verksamhet.
- Ett flertal andra parametrar än klimateffekter avgör hur problembild och risknivå förändras vilket gör kunskaper om regionala och lokala förhållanden nödvändiga. För översvämningar kommer markförändringar i dräneringsområdet, som exempelvis vid skogsavverkning och byggnation, att påverka avrinning. Sårbarheten i form av trafikflöde kan exempelvis påverkas av att klimatförändringar gör vissa områden mer attraktiva och andra mindre attraktiva vilket omfördelar trafiken. Utvecklad teknik i fordon skulle kunna minska antalet klimatberoende vägtrafikolyckor.

5.5. Kunskapsbehov och metodutveckling

- Kunskapen bör öka om klimatförändringarnas effekter på olika händelsetyper och förhållanden. Det är viktigt att kunna bedöma nettoeffekten när en klimateffekt gynnar uppkomsten av en händelsetyp och en annan klimateffekt motverkar. Ett exempel är tjalaktivitet och nettoeffekten av två motverkande förändringar som fuktigare markförhållanden och mildare vintertemperaturer.
- Omfattningen av merförseningar längs järnvägsnätet är en mycket grov indikation på det samhällsekonomiska värdet på förseningarna. Utifrån transportarbete av godstyp, godsmängd och antalet passagerare längs olika sträckor och bandelar bör

det undersökas om geografiskt bundna schablonvärden för en merförseningstimme skulle kunna beräknas. Det kan ge ett underlag för samhällsekonomiska analyser av klimatanpassningsåtgärder. Schablonvärden bör kunna variera över tid och rum. Liknande schablonvärden bör kunna tas fram för förseningar på väg. Tidigare framtagna kunskap bör nyttjas i hög grad.¹¹⁷

- I det framtida klimatanpassningsarbetet bör Trafikverket i högre grad använda befintlig intern dokumentation av klimatrelaterade händelser och förhållanden för att identifiera kritiska områden, skatta sannolikheter, bedöma konsekvenspotential samt om rådande väderlek och övriga förutsättningar varit representativa för ett framtida klimat. Inträffade händelser som dokumenterats i olycksutredningar eller databaser bör analyseras djupare med avseende på om det kan hända igen.
- Trafikverket bör utveckla användande av GIS för att bättre kunna modellera kombinationer av olika klimateffekter och andra parametrar som styr risknivån.
- Nämnvärt är att en tidigare detaljerad analys av klimatförändringarnas effekt på vägsystemet har tagits fram.¹¹⁸ Något liknande detaljerat underlag finns inte för järnvägssystemet vilket skulle vara välkommet. Möjligtvis finns också skäl att närmare analysera klimatförändringarnas påverkan på vägfärjor och färjelägen.

5.6. Övrigt

- Trafikverkets kommande klimat- och sårbarhetsanalyser bör i högre grad baseras på detaljerade regionala och lokala analyser där den ansats som beskrivits i denna klimat- och sårbarhetsanalys kan utgöra ett underlag. Ytterligare analyser kan ge ett gott beslutsunderlag i valet av anpassningsåtgärder. Sammanställningen av händelsetyper och förhållanden kan ses som ett underlag till en checklista som kan följas i analyser längs befintliga och planerade vägar och järnvägar.
- Det bör värderas om transportmyndigheterna som omfattas av förordning (2018:1428) bör samordna arbetet med sina klimat- och sårbarhetsanalyser. En sådan värdering bör undersöka värdet av att 1) öka tillgängligheten av data myndigheterna emellan, 2) vidareutveckla analys av transportsystemets sårbarhet i det framtida klimatet för att få en gemensam riskbild samt 3) analysera utrymme för samhällsekonomiskt effektiva synergieffekter av klimatanpassningsåtgärder.

5.7. Regeringens principer för klimatanpassning

Flera av de principer för klimatanpassning som regeringen lyfter fram i sin nationella strategi berör klimatanpassningsåtgärder. Nedan kommenteras ett urval av principer där principens ordalydelse är kursiverad:

- ***Hållbar utveckling.*** Klimatanpassningsarbetet ska baseras på principen om långsiktig hållbarhet som innebär att beslutfattande, planering och

¹¹⁷Exempelvis MSB och VTI, 2010: [Kostnader för störningar i infrastrukturen. Metodik och fallstudier på väg och järnväg](#). Rapport. 50 sidor.

¹¹⁸VTI, 2012: [Klimatanpassning av vägkonstruktion, drift och underhåll Ett temaprojekt](#). Rapport. 72 sidor.

genomförande av åtgärder ska beakta befintliga och kommande generationers intressen. Hållbar utveckling ska uppnås genom att balansera och förena ekonomisk, social och miljömässig utveckling. Trafikverkets ska enligt sin instruktion arbeta för att nå transportpolitiska mål som berör tillgänglighet, säkerhet, hälsa och miljö. Dessutom ska man enligt sin instruktion arbeta för samhällsekonomisk effektivitet. I myndighetens instruktion finns därför ett perspektiv av hållbarhet. Det bör undersökas om perspektivet mot social hållbarhet kan utvecklas.

- **Vetenskaplig grund.** Anpassningsåtgärder ska vara vetenskapligt underbyggda och bygga på en analys av risker och konsekvenser med utgångspunkt i senast tillgängliga kunskap från bland annat FN:s internationella klimatpanel (IPCC). Analysen har baserats på IPCCs bedömningar som omarbetats av SMHI till scenariokartor av klimateffekter. Vad gäller klimatscenario har Trafikverket valt RCP 4.5 i linje med Parisavtalet. Ett undantag gäller havsnivåhöjning där RCP 8.5 har valts.
- **Försiktighetsprincipen.** När potentiella risker till följd av klimatförändringar anses påvisade men tillgänglig vetenskaplig kunskap är otillräcklig för en säker slutsats om riskens existens eller omfattning, får inte kunskapsbristen användas som skäl för att skjuta upp eller låta bli kostnadseffektiva skyddsåtgärder. Trafikverket anser att principen bör följas varsamt. En alltför tilltagen försiktighet med kostsamma åtgärder kommer att vara suboptimerad och inte ligga i linje med den samhällsekonomiska effektivitet som uttrycks i Trafikverkets instruktion. Samtidigt finns skäl att beakta stora osäkerheter i bedömningar samt aversion mot omfattande negativa händelser. Det bör leda till att försiktighetsprincipen ibland är motiverad i en beslutssituation.
- **Integrering av anpassningsåtgärder.** Alla samhällsaktörer ska inom sina ansvarsområden analysera, planera och bedriva sin verksamhet med hänsyn till de långsiktiga risker och möjligheter som kan uppstå i ett förändrat klimat samt vidta anpassningsåtgärder inom sitt verksamhetsområde. Där så är möjligt och lämpligt ska anpassningsstrategier integreras i redan existerande strategier och planer. Trafikverkets stöder principen.
- **Flexibilitet.** Anpassningsåtgärder ska i största möjliga mån utformas med målsättningen att de ska vara flexibla och robusta på ett sätt som gynnar olika handlingsalternativ i framtiden. Inlåsnings effekter ska undvikas. Trafikverket stöder principen.
- **Hantering av osäkerhet.** Vid bedömning av framtida klimatförändringar, riskvärdering och planering av anpassningsåtgärder bör ett framtida klimat analyseras utifrån olika utsläppsscenarier och flera möjliga utfall utifrån dessa bör beaktas. Trafikverket stöder principen och har för avsikt att utveckla känslighetsanalyser i framtida klimat- och sårbarhetsanalyser.
- **Hantering av risk.** Vid hög risk, dvs. då sammanvägningen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvensers omfattning och allvarlighetsgrad är hög, ska förebyggande åtgärder vidtas, varningssystem och beredskap utformas samt ansvar och samverkan tydliggöras. Vid allvarlig fara för människors liv och

hälsa, allvarlig eller irreversibel skada på ekosystemens bärkraft och återhämtningsförmåga samt omfattande skada på riksintressen, samhällsviktig verksamhet eller infrastruktur och bebyggelse med höga kostnader som följd bör anpassningsåtgärder ta höjd för händelser med mycket låg sannolikhet att inträffa. Robusta åtgärder som fungerar under ett spann av möjliga framtida scenarier ska prioriteras. Principen är rimlig men Trafikverket menar att det bör vara en avvägning gentemot andra prioriteringar inom Trafikverkets ansvarsområde.

- **Tidsperspektiv.** Tidsperspektivet för klimatanpassningsåtgärder ska utgå från det specifika objektets (infrastrukturens, bebyggelsens eller investeringens) livslängd. Analysen har använt sig av scenarier med en gräns i tiden till år 2100. Trafikverket har anläggningar vars livslängd sträcker sig bortom år 2100. Bedömningen är att förändringar som förväntas till år 2100 är indikativa för förändringar därefter.
- **Transparens.** Alla samhällsaktörer bör vara transparenta avseende hantering av osäkerheter, val av klimatscenarier, risker och tidsperspektiv i sitt anpassningsarbete. Ambitionen i analysen har varit att val av scenarier, indata, antaganden och osäkerheter ska vara transparenta. Det betonas att analysens slutsatser är preliminära och i många fall behöver ytterligare prövning.

5.8. Luftfart och sjöfart

Initialt i analysen var ambitionen att analysera klimatanpassningsbehovet för den långsiktiga infrastrukturplaneringen för samtliga fyra trafikslag. Det skulle innebära att även infrastruktur för luftfart och sjöfart beaktades.¹¹⁹ Dessutom tillkom den 15 oktober 2019 ett tillägg om sjöfart i Trafikverkets instruktion. Tillägget innebär att Trafikverket, efter överenskommelse med Sjöfartsverket, får ansvara för genomförandet av infrastrukturprojekt i farleder, slussar och kanaler.

För att bedöma det nuvarande klimatets påverkan på luftfart och sjöfart efterfrågades data över olyckor och störningar från andra myndigheter utan att erhållas. Möjligheten till analys av klimatförändringens betydelse får långsiktig infrastrukturplanering av luftfart och sjöfart begränsades av denna anledning. Nämnvärt är att Transportstyrelsen i sin klimat- och sårbarhetsanalys har beskrivit konsekvenser av klimatförändringen för luftfart och sjöfart.¹²⁰

Nedan beskrivs vissa iakttagelser under analysens gång som har relevans för sjöfart och luftfart:

- **Is.** Bedömningar av SMHI pekar på betydande minskningar av isutbredningen i Östersjön, Bottenhavet och Bottenviken.¹²¹ Ur ett långsiktigt planeringsperspektiv

¹¹⁹ SOU 2007:60: [Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande](#). Bilaga B 3 är Sjöfartsverkets rapport och bilaga B 4 är Luftfartsverkets och Luftfartsstyrelsens rapport.

¹²⁰ Transportstyrelsen, 2019: [Klimat- och sårbarhetsanalys för transportsystemet och Transportstyrelsens kärnverksamhet](#). Rapport. 50 sidor.

¹²¹ SMHI: [Fördjupad klimatscenariotjänst](#) (hemsida).

borde det leda till minskade kostnader för både Sjöfartsverkets isbrytning samt minskad väntetid för fartyg att anlöpa hamnar i norra Sverige.

- **Nordostpassagen.** Klimatförändringarna ger en kraftig temperaturökning i Arktis vilket innebär att nordostpassagen norr om Ryssland kommer att vara isfri under en betydande del av året. Det i sin tur innebär att fartygstransporter mellan Europa och Asien kan förkortas betydligt under delar av året. Det bör värderas om förändrade transportflöden direkt eller indirekt kommer att påverka fartygsstorlekar som anlöper svenska hamnar. En eventuell förändring skulle kunna påverka behov av infrastruktur till sjöss och på land.
- **Fågelkollisioner.** För luftfartens del inträffade under perioden 1998-2005 sammanlagt 714 fågelkollisioner i Sverige.¹²² Ur ett planeringsperspektiv är det nämnvärt att flygplatser som ligger nära vatten har en högre kollisionssannolikhet per flygplansrörelse. Dessutom förekommer kollisioner oftare i samband med landningar jämfört med starter. Om fågelpopulationer ökar i framtiden kan antalet kollisioner med flygplan också förväntas öka.¹²³
- **Vindar.** Luftfarten förefaller vara robust mot extrema vindhändelser enligt en genomgång av konsekvenser av tre större händelser mellan 1995-2007.¹²⁴ Den stora problematiken på flygplatser ligger vid kraftiga sidvindar. Nämnvärt är att Arlanda har banor i olika riktningar. Inom sjöfarten finns vindrestriktioner i farleder till hamnar. Ur ett planeringsperspektiv för sjöfart och luftfart är det värt att notera att vindklimatet inte förändras nämnvärt enligt klimatscenarier.
- **Åskväder.** För luftfartens del är åskväder sällan ett problem och systemet är överlag robust men är likväl en faktor som beaktas, inte minst på grund av att antalet åskväder förväntas öka.¹²⁵ Denna ökning i åskväder bör inte påverka sjöfarten nämnvärt.
- **Vattenstånd.** På Vänern och Mälaren bedrivs sjöfart och båda sjöarna står inför förändringar i framtiden vad gäller vattenståndsförändringar. Det varmare klimatet leder bland annat till förändrade vattennivåer. Torra perioder som växlas med nederbördsrika kan leda till större amplituder mellan låg- och högvatten. I framtiden förväntas det framförallt påverka handelssjöfarten i Vänern. Mälaren har en djupare farled men lågvatten kan möjligtvis innebära att man inte kan lasta fartygen maximalt.
- **Invasiva arter.** Saliniteten i Östersjön, Bottenhavet och Bottenviken kommer att minska vilket bör vara gynnsamt eftersom det försvårar etableringen av invasiva arter som kommer med fartygens ballastvatten. Det kan möjligen motverkas av högre vattentemperatur.

¹²² Luftfartsstyrelsen, 2006: [Fågelkollisioner 1998-2005](#). Rapport. 31 sidor.

¹²³ Jämför sannolikhetsbedömning för kontaktledningsfel orsakade av fågel. Bedömningen baserades på en längre vegetationsperiod i framtiden.

¹²⁴ SOU 2007:60: [Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande](#). Bilaga B 4.

¹²⁵ Wennerdahl, E., 2017: [Change in Thunderstorm Activity in a Projected Warmer Future Climate: a Study over Europe](#). *Förändring i åskaktivitet i ett varmare framtida klimat: En studie över Europa*.

- **Havsnivåhöjning.** Sett ur sjöfartens perspektiv är havsnivåhöjningen positiv då den medför större marginaler i farlederna vilket bör öka sjösäkerheten. I ett långsiktigt perspektiv borde det även göra investeringar i kapacitetsökningar för farleder mindre kostsamma, främst i södra Sverige. På lång sikt kan havsnivåhöjningen dock ge problem i hamnar, även här främst i södra Sverige.
- **Buller.** Undervattensbuller från sjöfart kommer att öka i samband med förväntad överflyttning av godstransporter från vägtrafik till sjöfart.¹²⁶ Spridning av undervattensbuller påverkas av temperatur och salthalt vilka är två parametrar som kommer att förändras i det framtida klimatet.¹²⁷

¹²⁶ Havsmiljöinstitutet, 2019: [Effekter på havsmiljön av att flytta över godstransporter från vägtrafik till sjöfart](#). Rapport. 70 sidor.

¹²⁷ SMHI: [Fördjupad klimatscenariotjänst](#) (hemsida).

6. Slutsatser

6.1. Analys

Nedan ges **preliminära slutsatser** för olika händelsetyper och förhållanden i nationell skala. **Stora osäkerheter** gör att många slutsatser också kan betraktas som hypoteser som behöver fördjupad prövning. De preliminära slutsatserna bygger i de flesta fall på en situation utan förändring i vidtagna åtgärder eller omvärldsförhållanden. För buller och luftföroreningar tas dock hänsyn till förändringar som väntas i framtiden. Det betonas att **regionala och lokala skillnader i climateffekter kan göra att slutsatserna inte är giltiga regionalt eller lokalt**. De förväntade förändringarna innebär både risker och möjligheter inom Trafikverkets ansvarsområde.

De preliminära slutsatserna för respektive händelsetyp och förhållande presenteras enligt samma struktur som i resultatkapitlet.

Trafik

- **Buller** exponeringen för boende intill vägar och järnvägar kan både öka och minska.
- **Vibrationer** kommer att öka i områden med höga grundvattenytor.
- **Luftföroreningars** spridning förskjuts i viss mån från luft till vatten vad gäller slitagepartiklar.

Atmosfären

- Ändrade **ljusförhållanden** leder till att antalet mörkerrelaterade typer av trafikolyckor inträffar.
- **Vind** klimatet kommer inte att förändras påtagligt vilket innebär att broar, färjeturer och tågtrafik kommer att stängas och ställas in ungefär lika frekvent som i det nutida klimatet.
- Antalet signalfel och kontaktledningsfel som orsakas av **åskväder** med blixtnedslag ökar.
- Skador från **hagel** kommer att kunna inträffa men omfattningen bedöms vara begränsad.
- Antalet trafikolyckor där **dimma** är bidragande orsak ökar marginellt.
- Problem med **halka** förskjuts norrut men det sammanlagda behovet av halkbekämpning minskar inte.
- Antalet trafikolyckor där **vattenplaning** är bidragande orsak ökar.
- Problem med **snö och is i växlar** minskar och kvarvarande problembild förskjuts norrut.

- Problem med **snödrev** minskar längs fjällvägar och längs vägar i södra Sverige.
- Antalet temperaturrelaterade **rälsbrott** minskar.
- Problem med **tjälskador** ökar.
- **Värmeböljor** blir vanligare och kommer att påverka anläggningsdelar längs både vägar och järnvägar.
- Antalet **solkurvor** ökar i spår som inte är normenligt byggda och underhållna.
- Omfattning av **blödande asfalt** kommer att öka på vägar med värmekänsliga bindemedel.
- Antalet **översvämningar** relaterade till skyfall kommer att öka.
- **Korrosion** på äldre broar förskjuts norrut.
- Problem med **fallande is från broar** kommer att förskjutas norrut.
- Antalet **saltstormar** ökar inte.
- Sannolikheten för **isstorm** ökar inte.
- Sannolikheten för **vinderosion** ökar marginellt.
- Sommartid blir **arbetsmiljön** mer påfrestande i samband med underhåll och byggnation.

Vattendrag och sjöar

- Antalet **översvämningar** i vattendrag och sjöar ökar.
- Antalet **slasklaviner** förblir lågt.
- Större amplitud i **sjöars vattenstånd** påverkar färjetrafik.
- Säsongen för **isvägar** blir kortare och säsongen för **vägfärjor** blir längre.
- Antalet **islossningar** vid älvar minskar.

Terräng

- Antalet **laviner** minskar.
- Antalen **ras** och **skred** ökar.
- Antalen och omfattning av **erosion** och **bortspolning** ökar.
- Antalen **slamströmmar** och **moränskred** ökar.

Djur

- Antalet **viltolyckor** ökar.
- Antalet **renpåkörningar** längs vägar och järnvägar ligger kvar på dagens nivå.
- Antalet kontaktledningsfel som orsakas av **fåglar** ökar.

Växter

- Antalet **bränder** i vegetation ökar. Återkommande perioder av hög **brandrisk** påverkar trafik och underhåll längs järnväg.
- Antalet **fallande träd** ökar över infrastruktur som inte är trädsäkrad.
- Förekomst av **spårhalka** ökar längs sträckor som inte trädsäkrats.
- Problem med **invasiva arter** längs infrastrukturen kommer att öka, både beträffande omfattning av redan etablerade arter samt att helt nya arter etablerar sig.
- Tillväxthastigheten av övrig oönskad **vegetation** längs anläggningen kommer att öka vilket kommer att påverka artrikedom samt behov av underhållsåtgärder.
- **Havsnivåhöjningen** påverkar havsnära infrastruktur, särskilt i södra Sverige.
- Antalet **stormfloder** ökar, i synnerhet längs kuster i Skåne och Hallands län.
- Spridning av föroreningar kommer att öka från **förorenade områden** som Trafikverket ansvarar för.

6.2. Bestämmelser i lagar och andra författningar

Omfattningen av lagstiftning med koppling till Trafikverkets klimatanpassningsåtgärder är mycket begränsad. Den enda påtagliga lagstiftning som hittats är förändringarna i 3 och 9 kap i Plan- och Bygglagen (PBL). I 3 kap 5 § 7 p PBL framgår att kommunen i sin översiktsplan skall ge sin syn på risken för skador på den bebyggda miljön till följd av översvämning, ras, skred och erosion som är klimatrelaterade. Kommunen skall även ge sin syn på hur riskerna med klimatrelaterade skador skall minska eller upphöra. Av 9 kap 12 § 1 st. 3 i PBL framgår att det krävs marklov för åtgärder som kan försämra markens genomsläpplighet.

Referenser

Rapporter/faktablad

- Arnesten, E., 2019: [Impacts of future sea level rise and high water on roads, railways and environmental objects: a GIS analysis of the potential effects of increasing sea levels and highest projected high water in Scania, Sweden](#). Examensarbete. Lunds universitet. 107 sidor.
- Centrum för biologisk mångfald, 2015: [Invasiva arter i infrastruktur](#). Rapport. 102 sidor.
- FOI, 2017: [Höga havsnivåer och översvämningar](#). Rapport. 105 sidor.
- Fredriksson, C., Feldmann Ellend, B., Larson, M. och Martine, M., 2017: [Historiska stormhändelser som underlag vid riskanalys. Studie av översvämningarna 1872 och 1904 längs Skånes syd- och ostkust](#). VATTEN – Journal of Water Management and Research 73:93–108. Lund 2017.
- Havsmiljöinstitutet, 2019: [Effekter på havsmiljön av att flytta över godstransporter från vägtrafik till sjöfart](#). Rapport. 70 sidor.
- Jordbruksverket, 2019: [Jordbruksstatistisk sammanställning 2019](#). Rapport. 317 sidor.
- Jägerbrand, A.K., Gren, I.-M., Seiler, A. och Johansson, Ö., 2018: [Uppdatering och nya effektsamband i effektmodellen för viltolyckor](#). Rapport. 68 sidor.
- Krisberedskapsmyndigheten, (okänt årtal): Krisberedskap - så funkar det. Att förbereda sig på det värsta... 40 sidor.
- Krisberedskapsmyndigheten, 2002: [Åsk- och regnoväder över Orust - tusen och åter tusen frågor](#). Rapport. 32 sidor.
- Luftfartsstyrelsen, 2006: [Fågelkollisioner 1998-2005](#). Rapport. 31 sidor.
- MSB och VTI, 2010: [Kostnader för störningar i infrastrukturen. Metodik och fallstudier på väg och järnväg](#). Rapport. 50 sidor.
- MSB, (okänt årtal): [Analys av samhällsekonomisk kostnad. Skredet vid E6 i Småröd, 2006](#). Rapport. 45 sidor.
- MSB, 2013: [Framtida perioder med hög risk för skogsbrand. Analys av klimatscenarier](#). Rapport. 66 sidor.
- MSB, 2013: [Trafikolycka Tranarpsbron](#). Faktablad. 4 sidor.
- Räddningsverket, 1997: [Översvämning i Piteå kommun](#). Rapport. 30 sidor.
- Regeringen, (okänt år): [Att förändra vår värld: Agenda 2030 för hållbar utveckling](#). 38 sidor.
- Regeringen, 2016: [Regeringens proposition 2016/17:16 Godkännande av klimatavtalet från Paris](#). Proposition. 52 sidor.
- Regeringen, 2018: [Nationell strategi för klimatanpassning. Regeringens proposition 2017/18:163](#). Proposition. 98 sidor.
- Sametinget, 2017: Klimatanpassning. Handlingsplan för samiska näringar och kultur. Rapport. 71 sidor.
- SGI, 2010: [Slamströmmen i Ånn 30 juli 2006. Dokumentation och analys. Analys av befintlig metodik för översiktlig och detaljerad utredning av faran för slamströmmar](#). Rapport. 56 sidor.
- Skogsstyrelsen, 2015: [Skogen i ett varmare klimat](#). Rapport. 64 sidor.
- SMHI och Vatten- och Miljöstyrelsen, 1989: [Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder](#). Rapport. 76 sidor.
- SMHI och Naturvårdsverket (okänt årtal): [Framtidens havsnivåer](#). Faktablad. 2 sidor.
- SMHI, 2012: [Islossning i Torneälven](#). Rapport. 40 sidor.
- SMHI, 2015: [Framtidsklimat i Jämtlands län](#). Rapport. 92 sidor.
- SMHI, 2015: [Framtidsklimat i Norrbottens län](#). Rapport. 91 sidor.
- SMHI, 2015: [Vägledning för användande av klimatscenarier](#). Rapport. 70 sidor.
- SMHI, 2017: [Extremregn i nuvarande och framtida klimat. Analyser av observationer och framtidsscenarier](#). Rapport. 83 sidor.
- SOU 2007:60: [Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande](#). Bilaga B 1-B 5. 178 sidor.
- Statens Energimyndighet, 2008: Energisystemets sårbarhet inför effekterna av ett förändrat klimat. Delrapportering av regeringsuppdrag. Rapport. 112 sidor.
- Trafikverket, 2011: Nationellt trafikledningsstöd, NTS. Faktablad. 2 sidor.
- Trafikverket, 2015: Förstudie Viltsäker järnväg Utredning om olycksdrabbade sträckor och förslag till lösningar. Rapport. 58 sidor.

Trafikverket, 2017: [Trafikverkets strategi för klimatanpassning](#). Rapport. 8 sidor.

Trafikverket, 2017: Fåglar – kontaktledning. Rapport. 72 sidor.

Trafikverket, 2017: Handbok. Riskanalys vald vägsträcka. Rapport. 72 sidor.

Trafikverket, 2018: Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.1. Rapport. 408 sidor. För text om klimatanpassning, se avsnitt 4.7.

Trafikverket, 2018: Exponerade för vägtrafikbuller år 2030. Trafik enligt basprognoser eller enligt klimatscenario 3. Rapport. 38 sidor.

Trafikverket, 2018: [Regeringsuppdrag om Trafikverkets klimatanpassningsarbete](#). Rapport. 42 sidor.

Trafikverket, 2018: [Samhällsekonomisk metod för att beakta transportsystemets påverkan på vatten. En förstudie](#). Rapport. 80 sidor.

Trafikverket, 2018: [Svar till regeringen på Uppdrag att säkerställa beredskapen för vidmakthållande av statlig transportinfrastruktur vid omfattande skogsbränder eller extrema vädersituationer](#). Rapport. 54 sidor.

Trafikverket, 2018: Uppföljning årstidsstyrd beredskapsplan. Nationell, Sommar 2018, Järnväg. Rapport. 31 sidor.

Trafikverket, 2019: [Handbok. Riskanalys vald järnvägssträcka](#). Rapport. 63 sidor.

Trafikverket, 2019: Trafikverkets miljörapport 2018. Rapport. 70 sidor.

Trafikverket, 2019: Uppföljning årstidsstyrd beredskapsplan Nationell, Vinter 2018-2019, Järnväg. Rapport. 34 sidor.

Trafikverket, 2019: Uppföljning årstidsstyrd beredskapsplan. Nationell, Hösten 2019, Järnväg. Rapport. 35 sidor.

Trafikverket, 2020: [Gapanalys. Skillnaden mellan förväntad utveckling av transportsystemet och målbild 2030. Ett kunskapsunderlag i den långsiktiga planeringen](#). Rapport. 86 sidor.

Trafikverket, 2020: Solkurvor 2019. Statistik, analys och handlingsplan. Rapport. 24 sidor.

Trafikverket, 2020: Trädsäkring och dess påverkan på förekomsten av spårhalka. Redovisning av resultat. Rapport. 34 sidor.

Trafikverket, 2020: Trafikverkets forsknings- och innovationsplan. För åren 2020-2025. Rapport. 60 sidor.

Transportstyrelsen, 2019: [Klimat- och sårbarhetsanalys för transportsystemet och Transportstyrelsens kärnverksamhet](#). Rapport. 50 sidor.

Västra Götalandsregionen, 2016: [Vibrationer inomhus från trafik](#). Rapport. 26 sidor.

VTI, 2012: [Klimatanpassning av vägkonstruktion, drift och underhåll. Ett temaprojekt](#). Rapport. 72 sidor.

VTI, 2019: [Metod och effektsamband för identifiering, bedömning och prioritering av åtgärder för klimatanpassning av vägar och järnvägar](#). Rapport. 128 sidor.

Wennerdahl, E., 2017: [Change in Thunderstorm Activity in a Projected Warmer Future Climate: a Study over Europe](#). Förändring i åskaktivitet i ett varmare framtida klimat: En studie över Europa. Examensarbete. Uppsala universitet. 54 sidor.

WSP, Karolinska Institutet och Umeå Universitet., 2016: [Metod för DALY-beräkningar i transportsektorn](#). Rapport. 126 sidor.

Hemsidor

Lantmäteriet: [Landhöjning](#)

Myndighetsnätverket för klimatanpassning: [Klimatanpassning.se](#)

SGU: [Effekter på föroreningar i mark och vatten av ett förändrat klimat](#)

SMHI: [Berätta om hagel](#)

SMHI: [Fördjupad klimatscenariotjänst](#)

SMHI: [Hur långt kan vi höra?](#)

SMHI: [Fördjupad klimatscenariotjänst - oceanografi](#)

SMHI: [Tidiga snöfall i Sverige](#)

Trafikverket: [Fakta om buller och vibrationer](#)

Trafikverket: [Lavinbekämpning i närheten av Malmbanan och E10](#)

Trafikverket: [Rälsbrott](#)

Trafikverket: [Årstidsstyrda beredskapsplaner - järnväg](#)

Ny Teknik: [Urspårning kostar minst 30 miljoner](#)



TRAFIKVERKET

Trafikverket, 281 89 Borlänge. Besöksadress: Röda vägen 1, Borlänge.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 020-600 650

www.trafikverket.se