VTI rapport 531
Utgivningsår 2006

www.vti.se/publikationer

Tema Vintermodell

Etapp 2
Huvudrapport

Carl-Gustaf Wallman
Staffan Möller
Göran Blomqvist
Mats Gustafsson
Anna Niska
Gudrun Öberg
Carl Magnus Berglund
Bo O Karlsson

vti
FINDING A BETTER WAY

Utgivare:

vti

581 95 Linköping

Publikation:
VTI rapport 531

Utgivningsår:	**Projektnummer:**	**Dnr:**
2006	80460	2000/0676-8

Projektnamn:
Tema Vintermodell, etapp 2. Slutrapport

Författare:
Carl-Gustaf Wallman, Staffan Möller, Göran Blomqvist, Mats Gustafsson, Anna Niska, Gudrun Öberg, Carl Magnus Berglund, Bo O Karlsson

Uppdragsgivare:
Vägverket, Vinnova

Titel:
Tema Vintermodell, etapp 2. Huvudrapport

Referat (bakgrund, syfte, metod, resultat) max 200 ord:

Syftet med Vintermodellen är att beräkna och värdera de väsentligaste konsekvenserna för trafikanter, väghållare och samhälle av olika strategier och åtgärder inom vinterväghållningen. Huvudrapporten är i sig en sammanfattning av de rapporter som beskriver Vintermodellens olika delmodeller.

Navet i Vintermodellen är Väglagsmodellen, som utgående från väderdata, vidtagna väghållnings-åtgärder och trafik beräknar väglaget timme för timme under vintersäsongen. Väglagsmodellen styr beräkningarna i de olika effektmodellerna: Olycksmodellen, Framkomlighetsmodellen, Fordonskost-nadsmodellen, Miljömodellen och Modellen för väghållarkostnader.

I Olycksmodellen beräknas olyckskvoter, olyckstyper och konsekvenser, allt kopplat till olika väglag och deras varaktigheter.

I Framkomlighetsmodellen beräknas olika väglags effekt på medelhastigheter och restider.

I Fordonskostnadsmodellen beräknas kostnader för bränsleförbrukning och korrosion på grund av vägsalt.

I Miljömodellen beräknas konsekvenserna för vägnära vegetation av vägsalt.

I Modellen för väghållarkostnader beräknas dels direkta kostnader för åtgärderna, dels kostnader för skador och slitage på beläggning, vägmarkeringar etc. som följd av vinterväghållningsåtgärder.

Nyckelord:
Vinter, modell, vinterväghållning

ISSN:	**Språk:**	**Antal sidor:**
0347-6030	Svenska	100

Publisher:

vti

SE-581 95 Linköping Sweden

Publication:
VTI rapport 531

Published:	**Project code:**	**Dnr:**
2006	80460	2000/0676-8

Project:
The Winter Model, Stage 2. Final Report

Author:
Carl-Gustaf Wallman, Staffan Möller, Göran Blomqvist, Mats Gustafsson, Anna Niska, Gudrun Öberg, Carl Magnus Berglund, Bo O Karlsson

Sponsor:
Swedish Road Administration
Swedish Governmental Agency for Innovation Systems

Title:
The Winter Model, Stage 2. Final Report

Abstract (background, aim, method, result) max 200 words:

The aim of the Winter Model is to estimate and put a value on the most important impacts of the strategies and measures in winter road management for road users, road management authorities and society at large. The main report itself is a summary of the reports that describe the submodels in the Winter Model.

The hub of the model is the Road Condition Model which, on the basis of weather data, undertaken road management measures and traffic, calculates road conditions hour by hour during the winter season. The Road Condition Model controls calculations in the effect models: Accident Model, Accessibility Model, Vehicle Cost Model, Environment Model and Model for Road Management Costs.

The Accident Model calculates accident rates, accident types and consequences, all coupled with different road conditions and their duration.

The Accessibility Model calculates the effect of different road conditions on mean speeds and trip times. The Vehicle Cost Model calculates the costs of fuel consumption and corrosion due to road salt.

The Environment Model calculates the impacts on roadside vegetation due to road salt.

The Model for Road Management Costs calculates both the direct costs of the measures and the costs of damage to, and wear of, road surfacing, road markings etc as a result of road management measures.

Keywords:
Winter, model, winter road maintenance

ISSN:	**Language:**	**No. of pages:**
0347-6030	Swedish	100

Förord

Projektet Tema Vintermodell har under fem år bedrivits av VTI och Vägklimatgruppen vid Göteborgs universitet. Finansiärer har varit Vägverket och Vinnova.

I denna version av Vintermodellen ingår endast de delar som utvecklats vid VTI. Våra kollegor vid Göteborgs universitet har valt att publicera sina delar inom universitetets ram och de ingår heller inte i den utvecklade datormodellen.

Vintermodellen består av flera delmodeller, som beskrivs i separata kapitel. I förekommande fall redovisas även de viktigaste resultaten.

Beskrivningarna har avsiktligt hållits kortfattade i rapporten – intresserade läsare finner referenser till grunddokumenten i de referens- och litteraturlistor som placerats i slutet av kapitlen.

Ett stort tack till alla dem, som i stort som smått bidragit till Vintermodellens tillblivelse, och ett särskilt stort tack till våra kontaktpersoner på Vägverket – utan vårt ömsesidiga förtroende hade det antagligen varit omöjligt att gå iland med projektet!

Linköping november 2006

Carl-Gustaf Wallman

Projektledare

Kvalitetsgranskning

Intern peer review har genomförts den 9 maj 2006 av Carl-Gustaf Wallman, Staffan Möller, Göran Blomqvist, Mats Gustafsson, Anna Niska (då Bergström), Gudrun Öberg, Carl Magnus Berglund och Bo O Karlsson. Carl-Gustaf Wallman har genomfört justeringar av slutligt rapportmanus den 18 oktober 2006. Projektledarens närmaste chef, Gudrun Öberg, har därefter granskat och godkänt publikationen för publicering den 31 oktober 2006.

Quality review

Internal peer review was performed on May 9, 2006, by Carl-Gustaf Wallman, Staffan Möller, Göran Blomqvist, Mats Gustafsson, Anna Niska (then Bergström), Gudrun Öberg, Carl Magnus Berglund och Bo O Karlsson. Carl-Gustaf Wallman has made alterations to the final manuscript of the report on October 18, 2006. The research director of the project manager, Gudrun Öberg, examined and approved the report for publication on October 31, 2006.

Innehållsförteckning

Sammanfattning 5

Summary 7

1 Bakgrund 9

2 Vägverkets krav och specifikationer för Tema Vintermodell 10

3 Vintermodellens struktur 14

4 Definitioner och förklaringar 15

5 Väglagsmodellen 18
5.1 Bakgrund 18
5.2 Syfte 18
5.3 Definitioner och förutsättningar 18
5.4 Litteratursökning om väglagsmodeller 20
5.5 Uppbyggnad av väglagsmodellen 21
5.6 Beskrivning av delmodeller 23
5.7 Fortsatt FOU 29
5.8 Referenser 30

6 Framkomlighetsmodellen 31
6.1 Bakgrund 31
6.2 Hypoteser 31
6.3 Syfte 32
6.4 Metod 32
6.5 Resultat 34
6.6 Slutsatser 37
6.7 Referenser och litteratur 38

7 Olyckor – risker, olyckstyper och skadeföljder vid olika väglag 39
7.1 Hypoteser 39
7.2 Datakällor 40
7.3 Olyckskvoter vid olika väglag 40
7.4 Olyckstyper, risker och konsekvenser 44
7.5 Olyckskvoter under för-, hög- och senvinter 54
7.6 Olyckskostnader – räkneexempel 55
7.7 Slutsatser och fortsatt FOU 57
7.8 Referenser och litteratur 58

8 Fordonskostnadsmodellen 60
8.1 Bränsleförbrukningsmodellen 60
8.2 Korrosionsmodellen 61
8.3 Referenser och litteratur 63

9 Miljömodellen 66
9.1 Inledning och avgränsning för delmodell miljö 66
9.2 Effekter på vegetation 66
9.3 Vinterväghållningen 68
9.4 Delmodellens syfte 68
9.5 Modellansats 68
9.6 Metoder 70

9.7 Fältlokaler 70
9.8 Mätomgångar 70
9.9 Resultat 71
9.10 Fortsatt FOU 75
9.11 Slutkommentarer 75
9.12 Referenser 75

10 Modellen för väghållareffekter 77
10.1 Väghållarkostnader 77
10.2 Referenser 78

11 Värderingsmodellen 79
11.1 Principiella grunder 80
11.2 Värdering av CBA:ns poster 81
11.3 CBA inom ramen för VTI:s Vintermodell 82
11.4 Skattefaktor med mera 87
11.5 Referenser och litteratur 88

12 Beräkningsmodellen 89
12.1 Indata 89
12.2 Schema över beräkningsgången 91
12.3 Utdata 92

13 Ett första prototyptest 93
13.1 Förutsättningar 93
13.2 Metod 93
13.3 Resultat 95
13.4 Referenser och litteratur 99

14 Fortsatt FOU 100

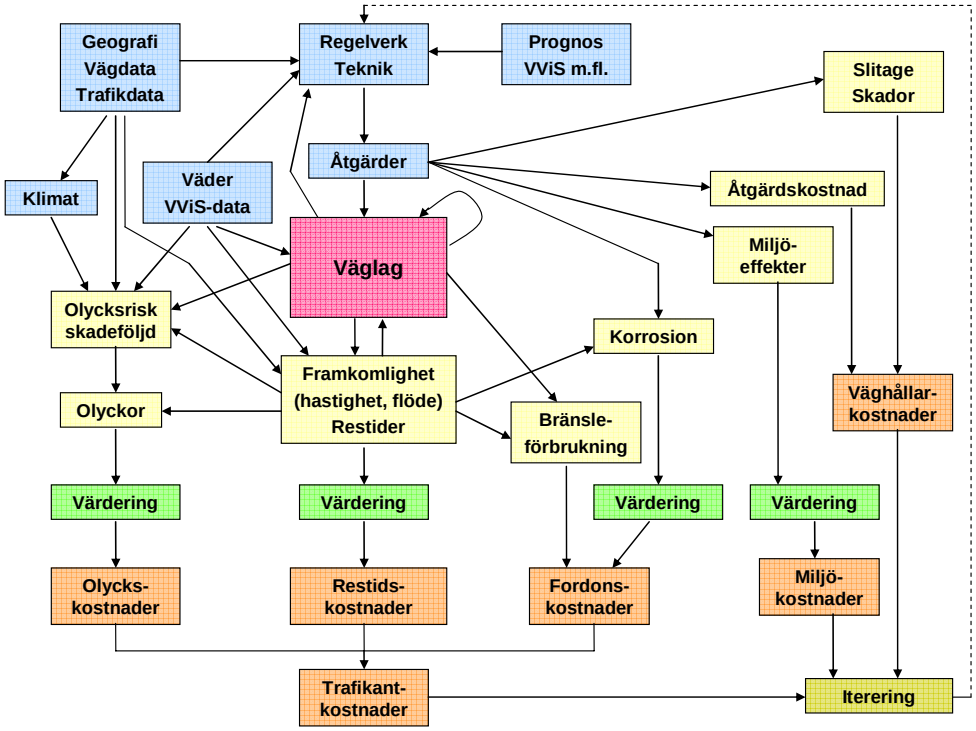
Tema Vintermodell. Etapp 2, Huvudrapport

av Carl-Gustaf Wallman, Staffan Möller, Göran Blomqvist, Mats Gustafsson, Anna Niska, Gudrun Öberg, Carl-Magnus Berglund och Bo O Karlsson

VTI
581 95 Linköping

Sammanfattning

Syftet med Vintermodellen är att beräkna och värdera de väsentligaste konsekvenserna för trafikanter, väghållare och samhälle av olika strategier och åtgärder inom vinterväghållningen. Huvudrapporten är i sig en sammanfattning av de rapporter som beskriver Vintermodellens olika delmodeller. I denna sammanfattning redovisas därför endast Vintermodellens struktur och en mycket kortfattad beskrivning av de olika delmodellerna.



Vintermodellens struktur åskådliggörs i ovanstående flödesschema. Navet i Vintermodellen är Väglagsmodellen, som utgående från väderdata, vidtagna väghållningsåtgärder och trafik beräknar väglaget timme för timme under vintersäsongen. Väglagsmodellen styr beräkningarna i de olika effektmodellerna: Olycksmodellen, Framkomlighetsmodellen, Fordonskostnadsmodellen, Miljömodellen och Modellen för väghållarkostnader.

I Olycksmodellen beräknas olyckskvoter, olyckstyper och konsekvenser, allt kopplat till olika väglag och deras varaktigheter.

I Framkomlighetsmodellen beräknas olika väglags effekt på medelhastigheter och restider.

I Fordonskostnadsmodellen beräknas kostnader för bränsleförbrukning vid olika väglag och korrosion på grund av vägsalt.

I Miljömodellen beräknas konsekvenserna för vägnära vegetation av vägsalt.

I Modellen för väghållarkostnader beräknas dels direkta kostnader för åtgärderna, dels kostnader för skador och slitage på beläggning, vägmarkeringar etc. som följd av vinter-väghållningsåtgärder.

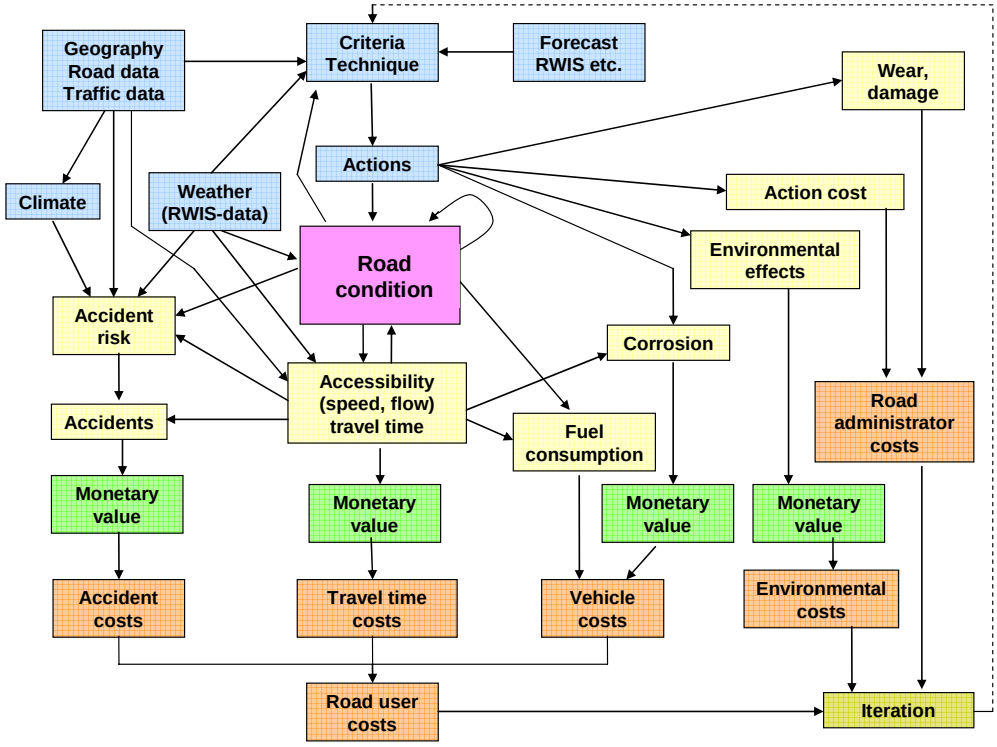
The Winter Model, Stage 2. Final Report

bv Carl-Gustaf Wallman, Staffan Möller, Göran Blomqvist, Mats Gustafsson, Anna Niska, Gudrun Öberg, Carl-Magnus Berglund and Bo O Karlsson

VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)
SE-581 95 Linköping Sweden

Summary

The aim of the Winter Model is to estimate and put a value on the most important impacts of the strategies and measures in winter road management for road users, road management authorities and society at large. The main report itself is a summary of the reports that describe the submodels in the Winter Model. This summary therefore only describes the structure of the Winter Model and gives a very brief description of the submodels.



The structure of the Winter Model is illustrated in the above flow chart. The hub of the model is the Road Condition Model which, on the basis of weather data, undertaken road management measures and traffic, calculates road conditions hour by hour during the winter season. The Road Condition Model controls calculations in the effect models: Accident Model, Accessibility Model, Vehicle Cost Model, Environment Model and Model for Road Management Costs.

The Accident Model calculates accident rates, accident types and consequences, all coupled with different road conditions and their duration. The Accessibility Model calculates the effect of different road conditions on mean speeds and trip times. The Vehicle Cost Model calculates the costs of fuel consumption in different roadway

conditions and corrosion due to road salt. The Environment Model calculates the impacts on roadside vegetation due to road salt. The Model for Road Management Costs calculates both the direct costs of the measures and the costs of damage to, and wear of, road surfacing, road markings etc as a result of road management measures.

1 Bakgrund

Varje år drabbas trafikanterna av olägenheter på grund av is och snö på våra vägar, gator och gång- och cykelbanor. Problemen är främst ökad olycksrisk och försämrad framkomlighet. För att förebygga eller i varje fall minska problemen, vidtar väghållarna driftåtgärder av olika slag, som till exempel snöröjning och halkbekämpning.

Åtgärderna är till nytta för trafikanterna, men innebär kostnader för väghållarna och negativa effekter för miljön. Det är därför angeläget att utveckla system för konsekvensbeskrivning av olika driftmetoder och -strategier för att göra det möjligt att minimera de samhällsekonomiska kostnaderna.

För investeringsplanering av vägar och gator har man sedan länge haft kalkylmodeller för beräkning av olika effekter: förutom kostnader för planerings- och byggnadsprocesserna även förändringar av restider, olycksrisker, miljöeffekter och mycket annat.

Drift- och underhållssidan är i detta avseende mycket eftersatt, och det är naturligtvis en svaghet, när det gäller att konkurrera om begränsade medel med ekonomiska argument. Bristerna gäller inte minst vinterväghållningen.

Den statliga vinterväghållningen bedrevs fram till 2002 enligt den tekniska beskrivningen av driftstandarden i Drift 96. Här anges för olika typer av vägar, strikta, funktionella standardkrav på körfält, vägrenar m.m. i samband med snöfall och halka samt under övrig tid. Modifierade standardregler trädde i kraft 2002, beskrivna i ATB Vinter 2003. Kommunerna har ofta regler som liknar de statliga men det är en stor variation både i vad som regleras och vilka gränsvärden som gäller.

En brist i regelsystemet är i dag att man med någorlunda säkerhet endast kan beräkna åtgärdernas effekter för väghållaren (åtminstone de direkta kostnaderna), däremot bara i begränsad omfattning för trafikanterna eller samhället i övrigt. Reglerna grundar sig förvisso på en erfarenhetsmässig uppfattning av trafikant- och miljökonsekvenser, men eftersom finansieringen av vinterväghållningen sker i konkurrens med annan offentlig verksamhet, bör den som nämnts motiveras med objektiva, samhällsekonomiska argument och med anknytning till de trafikpolitiska målen. Dessutom vidtas åtgärderna för att tillgodose trafikanternas önskemål, vilket gör det än angelägnare att kunna genomföra effektberäkningar.

Projektet ”Tema Vintermodell”, som finansierats av Vägverket och VINNOVA och sedan år 2001 drivits i samarbete mellan VTI och Klimator AB (ett kunskapsföretag vid Göteborgs universitet), leder till att det blir möjligt att beräkna och värdera de väsentligaste konsekvenserna för trafikanter, väghållare och samhälle av olika strategier och åtgärder inom vinterväghållningen.

Projektet indelades i två etapper: etapp 1 omfattade åren 2001–2003, varefter Vägverket beslutade om fortsatt delfinansiering för etapp 2, åren 2004–2005. VINNOVA beslutade redan vid starten om fem års finansiering.

2 Vägverkets krav och specifikationer för Tema Vintermodell

Detta kapitel är en kopia av det dokument i vilket Vägverket beskriver sina krav och specifikationer för Tema Vintermodell.

Vägverket

KU/Väg, Carl-Henrik Ulegård

Datum
2001-04-06

Projekt Tema Vintermodell

Allmänna krav

Detta dokument syftar till att på en översiktlig nivå precisera Vägverkets krav på Tema Vintermodell, och därmed utgöra en ram för projektets genomförande.

Alla delmodeller skall vara operativa med för Vägverket tillgängliga mätdata. Under utvecklingen har dock utförarna frihet att utnyttja andra metoder och data, och i samband därmed ge förslag till framtida, kvalitetshöjande utveckling.

I ett treårsperspektiv skall det finnas en körbar Väglagsmodell, och i ett femårs-perspektiv skall en körbar prototyp för hela Vintermodellen finnas.

Syfte

Projektet Tema Vintermodell skall resultera i ett verktyg för att beräkna de samhällsekonomiska effekterna av vinterväghållningsåtgärder och -strategier. Vintermodellen skall vara ett stöd vid beslut på övergripande nivå om standardfrågor inom vinterväghållningen.

Modellen innebär att konkreta frågeställningar som förväntas vara viktiga för Vägverket belyses. Exempel på sådana frågeställningar är:

- Vad innebär förändrade startkriterier för snöröjningsåtgärder?
- Vad innebär förändring av nuvarande geografiska saltgräns?
- Vad innebär förändring av de tidsperioder under säsongen då saltning genomförs?
- Vad innebär förändrade trafikflödesgränser för saltning?
- Vad innebär förändrad andel dubbdäck?

KU/Väg, Carl-Henrik Ulegård

Datum
2001-04-06

Krav/önskemål – förväntade resultat

Målet är att Vintermodellen skall ingå i ett övergripande system för optimering av drift och underhåll av vägar: beläggningsunderhåll, vinterväghållning samt grusväghållning.

I det förväntade resultatet ligger att modellen skall kunna hantera:

- fördelning av väglag i tid och rum.
- restider för personbil respektive lastbil
- olycksantal (dödlig utgång/ svår personskada/ övriga), med struktur enligt EVA-modellen
- åtgärdstillfällen (snöröjning/hyvling/halkbekämpning).
- resursförbrukning (sand/salt).

Begränsningar

Modellen begränsas till att omfatta:
- landsbygdsförhållanden
- tvåfältig väg med mötande trafik
- breddklasser enligt EVA-modellen

Genomförande

Tema Vintermodell uppdelas i mindre delmodeller: väglagsmodell, framkomlighetsmodell, olycksmodell, fordonskostnadsmodell, miljömodell, väghållarkostnadsmodell samt värderingsmodell. Omfattning av indata till de olika delmodellerna jämte utdata visas översiktligt i tabell 1. Delmodellerna sammanfogas i en optimeringsalgoritm för total beräkning av de samhällsekonomiska kostnaderna.

KU/Väg, Carl-Henrik Ulegård

Datum
2001-04-06

Tabell 1. Omfattning av in- och utdata för de olika delmodellerna samt planerade start- och sluttider.

Delmodell	Indata	Utdata	Påbörjas	Avslutas
1 Väglagsmodell	Väder, trafik, åtgärder	Väglagsfördelning på timnivå	2001	2005
2 Framkomlighetsmodell	Väder, väglag, trafik, vägtyp	Restider och timflöden för personbilar och lastbilar	1998	2003
3 Olycksmodell	Väder, väglag, trafik, vägtyp, klimatzon, hastighet	Antal olyckor fördelade på olyckstyp/skadeföljd	2001	2005
4 Fordonskostnadsmodell	Väglag, trafik, hastighet, salt eller icke salt	Bränsleförbrukning på timnivå, korrosion (säsong), övrigt.	2004	2005
5 Miljömodell	Väder, väglag, trafik, hastighet, halkbekämpningstyp	Skador på vägnära miljö, förbrukade naturresurser	2001	2005
6 Väghållarkostnadsmodell	Väder, väglag, trafik, vägtyp, regelverk	Åtgärder, beläggningsslitage	2004	2005
7 Värderingsmodell	Restider, olyckor, bränsle, korrosion, miljö, åtgärder, slitage/skador	Kostnader i kr	2004	2005

Övrigt - delmodeller

Väglagsmodell - Vinterväglagsbeskrivningar som används för att beskriva olika tillstånd skall kunna översättas/jämföras med dem som använts i tidigare studier i Norge. Modellen är avsedd att spegla effekter av förändringar på marginalen.

Olycksmodell - Genom att ”nollvisionen” etablerats i Sverige och ska vara vägledande har stort fokus lagts på krockvåldet som uppkommer vid singelolyckor och frontalkollisioner. Eftersom väglaget påverkar friktion och hastighet så innebär förändrade strategier olika medelreshastigheter och förmodligen olika hastigheter vid en krasch. Låga hastigheter ger därför fördelar sett till krockvåldet om allt annat är oförändrat. Vid modellering av olyckor bör det testas om man på basis av tillgänglig empiri kan ta hänsyn till såväl risk för olycka på olika väglag som till den medelhastighet som förekommer.

Fordonskostnadsmodell – Det är önskvärt att effekter av helt utesluten saltanvändning inom en viss klimatzon och trafikklass beaktas. Möjlig framtida utveckling – det kan visa sig att när man i nollvisionens anda säkrat ett antal vägar mot mötesolyckor och påkörning av fasta föremål i sidoområdet kan man dra ner på friktionskravet och använda salt endast när det är överlägset andra metoder. Mängden salt sett över vintern blir då liten och korrosionen på fordon endast periodvis. Den vinst i mindre korrosion som då uppkommer kan då många gånger ses som en ytterligare vinst med den nya vägtypen (mötesfri landsväg).

Miljömodell – Användning av vägsalt kan medföra skador på den vägnära miljön (t ex vegetation, vattendrag och vattentäkter). Halkbekämpning med sand innebär att naturresurser förbrukas, något som också bör beaktas.

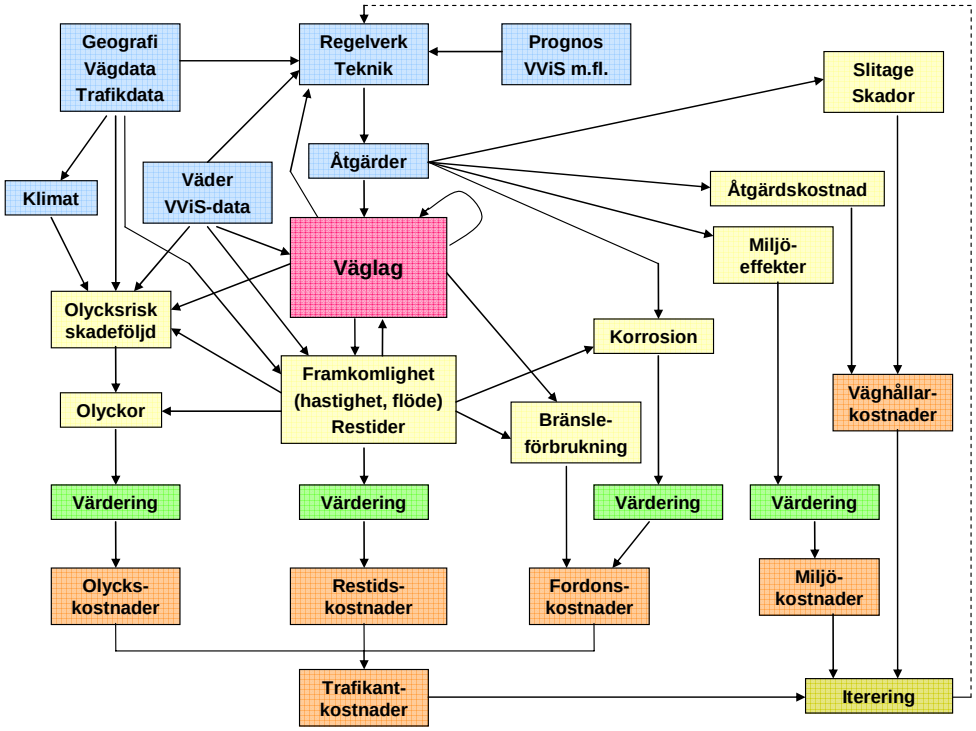
Referens till andra arbeten

Vid PIARC vinterkonferens i Tromsö 1990 visade Norska Vägverket upp en vintermodell som kunde användas för övergripande standardfrågor. Beskrivs översiktligt i kongresstrycken (VIIIth PIARC International Winter Road Congress, 1990, Proceedings, Vol. I). Genom att vi nu i mätning av hastighet på vinterväg valt att differentiera på väglag som kan översättas till dem som används i Norge blir det möjligt att utbyta resultat och erfarenheter.

Leveranser

Projektet redovisas i form av regelbundna avstämningsmöten, seminarier, skriftliga delrapporter och slutrapport enligt projektansökan.

3 Vintermodellens struktur



Vintermodellens struktur åskådliggörs i ovanstående flödesschema. Navet i Vintermodellen är Väglagsmodellen, som utgående från väderdata, vidtagna väghållningsåtgärder och trafik beräknar väglaget timme för timme under vintersäsongen. Väglagsmodellen styr beräkningarna i de olika effektmodellerna: Olycksmodellen, Framkomlighetsmodellen, Fordonskostnadsmodellen, Miljömodellen och Modellen för väghållarkostnader.

I Olycksmodellen beräknas olyckskvoter, olyckstyper och konsekvenser, allt kopplat till olika väglag och deras varaktigheter.

I Framkomlighetsmodellen beräknas olika väglags effekt på medelhastigheter och restider.

I Fordonskostnadsmodellen beräknas kostnader för bränsleförbrukning vid olika väglag och korrosion på grund av vägsalt.

I Miljömodellen beräknas konsekvenserna för vägnära vegetation av vägsalt.

I Modellen för väghållarkostnader beräknas dels direkta kostnader för åtgärderna, dels kostnader för skador och slitage på beläggning, vägmarkeringar etc. som följd av vinterväghållningsåtgärder.

4 Definitioner och förklaringar

Många definitioner och förklaringar gäller för samtliga delmodeller. I detta kapitel har de flesta samlats.

Med biltrafikens *framkomlighet* avses här:

- Medelhastighet (km/h) räknat per timme
- Flöde (antal fordon per timme).

Fordonen indelas i tre kategorier:

- PB: personbilar
- LBU: lastbilar utan släp (inkl. bussar)
- LBS: lastbilar med släp.

Med tanke på vintrarnas sannolika längd i olika delar av landet, brukar en indelning ske i fyra *klimatzoner*: södra, mellersta, nedre norra samt övre norra Sverige. Indelningen bygger på följande (gamla) länsindelning.

- Södra Sverige: H, I, K, L, M, N och O län
- Mellersta Sverige: B, C, D, E, F, G, P, R, T och U län
- Nedre norra Sverige: S, W och X län
- Övre norra Sverige: Y, Z, AC och BD län.

Väglaget indelas i 18 olika typer (för Framkomlighetsmodellen):

- Torr, fuktig respektive våt barmark, i förekommande fall med mittsträng av snö eller is: TB, FB, VB respektive TBmitt, FBmitt och VBmitt. Ibland förekommer sammanslagning av fuktig och våt barmark: FVB
- Tillfälliga väglag: rimfrost eller tunn is: RIM eller TUI
- Stabila väglag: packad snö eller tjock is: PS eller TJI
- Lösa väglag: lös snö eller snömodd: LS eller SM
- Spårslitage: med barmark i spåren (tre fall, beroende på vad som finns utanför spåren: stabila, lösa eller övriga/blandade väglag): S(B,PS), S(B,LS) eller S(B,ÖVR)
- Spårslitage: med tunn is i spåren (tre fall som ovan): S(TUI,PS), S(TUI,LS) eller S(TUI,ÖVR).

Aggregeringar av spårslitageväglagen betecknas S(B) resp. S(TUI).

För spårslitageväglag gäller att is eller snö slitits bort i hjulspåren, så att beläggningen är synlig. Det möjliga tillståndet i spåren är då antingen barmark eller tunn is.

Olyckskvoten (stundtals även benämnd olycksrisken) uttrycks i antal olyckor per miljon fordonskilometer. Det är frågan om samtliga polisrapporterade olyckor exklusive viltolyckor.

Trafikarbetsberäkningen är baserad på årsdygnstrafiken, utan viktning med hänsyn till årstid etc. Trafikarbetet är uttryckt i miljoner fordonskilometer. Olyckskvotsberäkningarna differentieras på följande fem väglag (enligt polisens bedömning):

- Torr barmark
- Fuktig eller våt barmark
- Packad snö eller tjock is
- Tunn is eller rimfrost
- Lös snö eller snömodd.

Väglagsfördelningarna bygger på utförda observationer, som har skett under olika långa perioder i klimatzonerna:

Södra Sverige:	15 november–15 mars	(4 månader)
Mellersta Sverige:	15 oktober–15 april	(6 månader)
Nedre norra Sverige:	1 oktober–30 april	(7 månader)
Övre norra Sverige:	1 oktober–30 april	(7 månader)

Med *varaktigheten* för ett is-/snöväglag avses den *andel av det totala trafikarbetet* under vintersäsongen, som utförs på det aktuella väglaget. Med *frekvensen* för ett is-/snöväglag avses vid hur många tillfällen det aktuella väglaget uppkommer under vintersäsongen.

I Drift 96 definieras sex *driftstandardklasser*: A1–A4 samt B1–B2. A-klassen omfattar vägar som i princip skall vara fria från is och snö ett visst antal timmar efter nederbörd, dvs. det är saltade vägar, medan is- och snöväglag med begränsat djup av lös snö och tillfredsställande friktion är tillåtet på B-vägar.

De *åtgärder* som förekommer är snöplogning, isrivning samt halkbekämpning med salt eller sand. Samtidig plogning och saltning brukar kallas kombikörning.

VViS är en förkortning för Vägverkets **V**äg**V**äder**i**nformations**S**ystem. Systemet består av knappt 700 stationer spridda över landet och lämnar varje halvtimme under vintersäsongen uppgifter om:

- Lufttemperatur
- Vägytans temperatur
- Daggpunktstemperatur
- Relativ luftfuktighet
- Nederbördstyp
- Nederbördsmängd
- Vindhastighet
- Vindriktning.

VädErsKombi är en modell för ersättning till entreprenörer för vinterväghållningen baserad på väderdata från VViS. I modellen förädlas data till så kallade vädersituationer. Exempel på sådana är snöfall, snödrev, snöblandat regn, risk för halka på grund av rimfrostutfällning och risk för halka på grund av att fuktiga/våta vägbanor fryser till.

5 Väglagsmodellen

5.1 Bakgrund

Väglagsmodellen är den centrala delen av Vintermodellen. Skälet till detta är att den producerar indata till de flesta av de modeller som beskriver effekter av olika slag såsom olycksrisker, restider, bränsleförbrukning och miljöpåverkan.

Enligt beställarkraven begränsas väglagsmodellen till att beskriva väglaget för tvåfältig väg med mötande trafik på landsbygd. I denna etapp begränsas modellen dessutom till att endast ange väglaget på körfältet. Ingen hänsyn tas således till förekommande vägrenar.

Underlaget till modellutvecklingen har till stor del hämtats från de mätplatser där data redan samlats in under en eller två vintersäsonger för utveckling av framkomlighetsmodellen (Wallman, 2005). Mätplatserna är belägna i Vägverkets Region Mitt, Mälardalen och Sydöst. Både saltade och osaltade vägar ingår med trafikflöden mellan 1 000 och 3 500 fordon per dygn.

I detta material finns, för ganska många perioder, uppgifter timme för timme om väder, trafikmängd, initialt väglag, utförda åtgärder samt vissa typer av väglagsutveckling, främst kopplade till plognings- och saltningsåtgärder. Insamling av resterande underlag, i första hand nedslitning av packad snö/tjock is på grund av dubbdäck samt bortstänknings- och upptorkningsförlopp, gjordes från och med vintersäsongen 2002/2003.

5.2 Syfte

Det övergripande syftet med väglagsmodellen är att leverera indata, en väglagsbeskrivning, till de delmodeller i Vintermodellen som beskriver effekter av olika slag. Väglagsbeskrivningen görs timme för timme under en hel vintersäsong.

Syftet med etapp 1 och 2 av väglagsmodellen är att åstadkomma en körbar prototyp till den slutgiltiga beräkningsmodellen. Det innebär att alla väsentliga delmodeller inom väglagsmodellen ska finnas med och vara kopplade till varandra eller med andra ord att modellens struktur formas. Även om förenklingar görs i olika delmodeller så finns en sammanhängande kedja från de krav på väghållningsstandard som ställs i regelverket ATB Vinter 2003 (Vägverket, 2002) över väglagsbeskrivningar före och efter åtgärd till kvantiteter salt och sand samt kostnad för utförda väghållningsåtgärder.

5.3 Definitioner och förutsättningar

Utgångspunkten för beskrivningen i avsnitt 5.6 av start och upprepning av åtgärd samt väglagsförändring är regelverket ATB Vinter 2003.

I regelverket anges de krav som ställs på olika delar av vägen t.ex. på ett körfält. Kraven gäller bl.a. väglagstyp, snödjup, friktionsnivå och ojämnhet. Den tidpunkt då en åtgärd ska påbörjas styrs av så kallade startkriterier som kan vara ett visst snödjup eller ett visst friktionstal. När startkriteriet är uppfyllt har man sedan en viss maximal tid på sig, åtgärdstiden, att utföra åtgärden. Då åtgärden har utförts kontrolleras på nytt om startkriteriet är uppfyllt och därmed om åtgärden ska upprepas.

Kraven i regelverket skiljer sig åt mellan olika standardklasser. I standardklass 1–3 ska körfältet vara fritt från is och snö vid uppehållsväder, om inte temperaturen är alltför låg. I standardklass 4–5 tillåter man snövägbana. Detta innebär att man saltar standardklass 1–3 medan standardklass 4–5 normalt sköts utan salt.

Vid tillämpning av regelverket har viss förenkling och anpassning till praxis gjorts. Det förutsätts också att åtgärderna alltid får full effekt. Om åtgärder ibland ska anses ha misslyckats krävs en speciell beskrivning.

Som indata till framtida körningar med väglagsmodellen kommer väderbeskrivningar sannolikt att tas fram med hjälp av Vägverkets datorprogram VädErsKombi (Möller, 2003).

Dessa väderbeskrivningar levererar grunddata från VViS såsom lufttemperatur, vägytans temperatur, daggpunktstemperatur, vindhastighet, vindriktning, nederbördstyp och nederbördsmängd timme för timme under vintersäsongen. Dessutom anges vädersituationer på timnivå. Följande vädersituationer förekommer:

- Snödrev (D)
- Snöfall (S)
- Halka på grund av regn eller snöblandat regn på kall vägbana (HN)
- Halka på grund av att fuktiga/våta vägbanor fryser till (HT)
- Halka på grund av kraftig rimfrostutfällning (HR2)
- Halka på grund av måttlig rimfrostutfällning (HR1)
- Snöblandat regn (SR)
- Regn (R)
- Uppehållsväder (ingen markering).

De fyra vädersituationerna snöfall, snöblandat regn, regn och uppehållsväder baseras i huvudsak på en sorts grunddata, nämligen nederbördstyp, medan övriga vädersituationer grundas på kombinationer av olika grunddata.

Det bör understrykas att de fyra vädersituationerna ”Halka på grund av …” egentligen betyder ”Risk för halka på grund av … om inte verksam vinterväghållningsåtgärd vidtas.” Det bör också understrykas att regn i vädersituation tre ovan inkluderar underkylt regn.

För att kunna koppla en viss väderbeskrivning till rätt delmodell i väglagsmodellen, räcker det i allmänhet inte med att bara redovisa vädersituationerna timme för timme. I stället måste det dominerande vädret, vädertillfället, avgränsas och anges. Detta görs genom en särskild procedur som särskiljer vädertillfällena snödrev, snöfall och halka. Vädertillfälle halka delas därefter upp i de fyra typer som angetts ovan.

5.4 Litteratursökning om väglagsmodeller

Under 2002 gjordes en sökning av litteratur som handlar om eller berör väglagsmodeller. Sökningen resulterade i drygt 200 rapporter och artiklar som publicerats under perioden 1970–2001.

Efter genomgång, sortering och prioritering av materialet återstod 16 referenser som bedömdes intressanta för arbetet med att utveckla en väglagsmodell på mikronivå (Wallman et al., 2005). Referenserna kan indelas i följande områden:

- Väglagsmodeller
- Väglagssensorer/väglagsdetektorer
- Saltsensorer/salthaltsberäkningar
- Övrigt.

I det mest näraliggande området Väglagsmodeller fanns ytterst lite publicerat, bara tre rapporter.

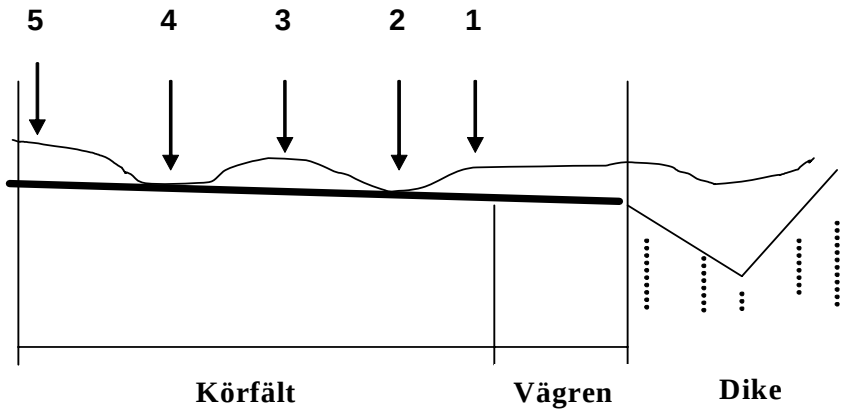
Den äldsta rapporten har titeln ”Føreforholdsmodell” och är författad av Arild Ragnøy, TØI (Ragnøy, 1987). Den beskriver hur den norska väglagsmodellen togs fram och testades i mitten/slutet av 1980-talet. Modellen arbetar med väglagsbeskrivningar två gånger per dygn, morgon och kväll. Rapportens bilaga är mycket detaljerad och redovisar bl.a. på vilket sätt och i vilken takt som olika väglag övergår i varandra.

Den andra rapporten heter ”Vinterväglagsmodell på makronivå” och är skriven av Staffan Möller, VTI (Möller, 1989). Rapporten beskriver ett försök att på översiktlig nivå konstruera en väglagsmodell som anger hur väglaget på ett vägnät beror av väderförhållanden och halkbekämpningsmetoder. Detaljeringsgraden på väglagsbeskrivningarna är vintersäsong.

Den tredje och sista rapporten om väglagsmodeller, ”Utveckling av vinterväglagsmodell på mikronivå. Planprojekt”, är författad av Staffan Möller, VTI (Möller, 1990). Efter genomgång av aktuell kunskap och erfarenhet av dels väglagsinventeringar av olika detaljeringsgrad, dels befintliga väglagsmodeller presenteras i rapporten en filosofi för hur en mikromodell av hög kvalitet skulle kunna konstrueras. Detaljeringsgraden på väglagsbeskrivningarna är timnivå. En genomgång görs av vilka faktorer/variabler som bedöms ha störst påverkan på väglaget och avslutningsvis ges ett förslag till hur utvecklingen av en väglagsmodell på mikronivå bör påbörjas.

5.5 Uppbyggnad av väglagsmodellen

Den första versionen av väglagsmodellen har byggts upp enligt följande. Väglaget beskrivs för var och en av körfältets fem observationsytor (Vägverket, 1996). I figur 1 visas ena väghalvan av en tvåfältig väg.



1 = Körfältskant

2 = Höger hjulspår

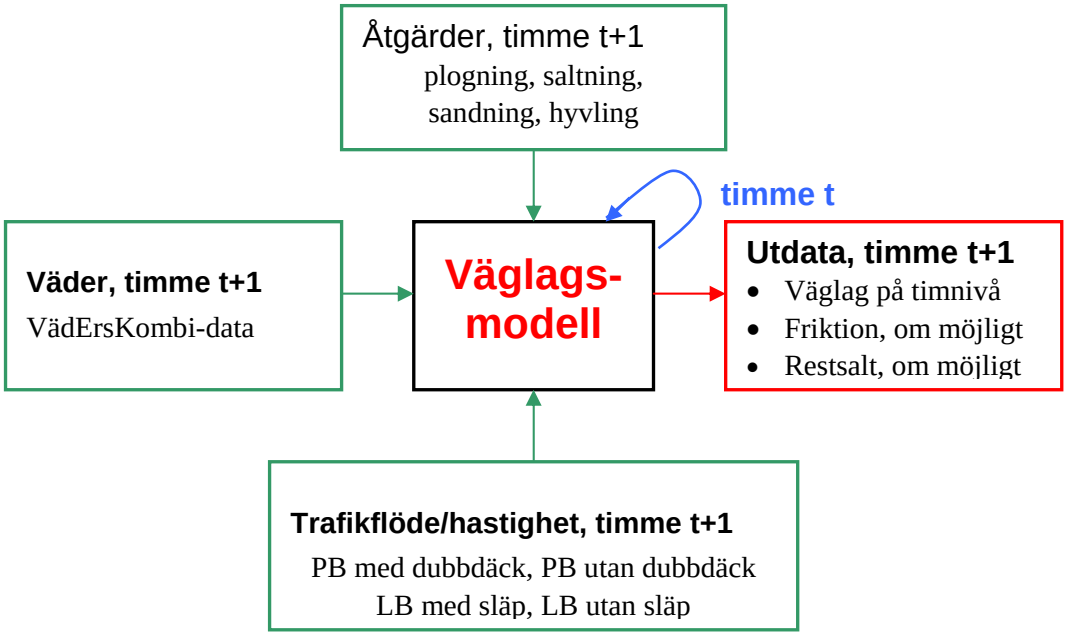
3 = Mellan hjulspår

4 = Vänster hjulspår

5 = Vägmitt.

Figur 1 Körfält indelat i fem observationsytor.

In- och utdataflödet till och från väglagsmodellen framgår av figur 2 och beskrivningen nedan.



Figur 2 Indata till och utdata från väglagsmodellen.

Indata

- Väglag under timme t på nivån observationsyta (se figur 1 på föregående sida)
- Mängd restsalt under timme t, om möjligt
- Väder under timme t+1 omfattande vädersituation, väg-, luft- och daggpunkts-temperatur, nederbördstyp och nederbördsmängd samt vindhastighet och vind-riktning
- Trafikflöde och medelhastighet under timme t+1 uppdelat på personbilar med och utan dubbdäck och lastbilar med och utan släp
- Åtgärder som utförs under timme t+1 uppdelat på plogning, saltning, kombinerad plogning och saltning, s.k. kombikörning, sandning och hyvling.

Utdata

- Väglag under timme t+1 på nivån observationsyta
- Väglag under timme t+1 på aggregerad nivå, t.ex. som 18 eller 5 typer av väglag Denna väglagsbeskrivning är en förenkling av väglaget på nivån observationsyta
- Friktionsklass i hjulspår under timme t+1, om möjligt
- Mängd restsalt under timme t+1, om möjligt.

5.6 Beskrivning av delmodeller

Väglagsmodellen består av följande nio delmodeller. De fem första är relaterade till vidtagna åtgärder och de fyra sista till trafik och väder.

1. Förebyggande halkbekämpning
2. Kombikörning
3. Plogning
4. Sandning
5. Hyvling/isrivning
6. Nedslitning av packad snö/tjock is
7. Kondensering
8. Bortstänkning
9. Upptorkning.

Utöver de nio delmodellerna behöver enklare beskrivningar göras av vilka väglag som uppkommer vid olika typer av nederbörd och hur dessa förändras om inga åtgärder vidtas.

I de delmodeller som behandlar åtgärder beräknas också förbrukad mängd salt eller sand samt åtgärdskostnaden. Använda à- priser för olika typer av åtgärder och material anges i avsnitt 10.1.

Förebyggande halkbekämpning

Förebyggande halkbekämpning görs endast på vägar i standardklass 1–3. Halkbekämpningen förutsätts ske med mättad saltlösning av två körfält samtidigt, där en saltrunda tar 1–1,5 timme beroende på standardklass. Oberoende av vägytans temperatur startar åtgärd på vägen 1 timme efter att någon typ av halkrisk indikerats i väderbeskrivningen. Tidsskillnaden på 1 timme beror på att föraren ska inställa sig på driftområdet och saltbilen ska färdigställas för åtgärd.

Omedelbart efter åtgärd ändras väglaget normalt till våt barmark. Åtgärden antas ha verkan under 3–5 timmar beroende på halktyp. Om halkindikationer fortsätter måste åtgärden upprepas.

Baserat på saltgiva och spridningshastighet samt à-priser kan mängden salt och kostnaden för utförd åtgärd beräknas.

Kombikörning

Kombikörning, dvs. samtidig plogning och saltning av en väghalva i taget, görs endast på vägar i standardklass 1–3. Saltningen förutsätts ske med befuktat salt. Åtgärden påbörjas då startkriteriet, att minst 1 cm snö har fallit, är uppnått. I förenklande syfte görs kombikörning tills vidare oberoende av vägytans temperatur. Åtgärdstiden är 2–4 timmar beroende på standardklass.

I början av det snöfall som föranleder kombikörningen kan trafikflödet ibland vara så högt i förhållande till snöintensiteten att snön inte ligger kvar i hjulspåren. Detta före-

kommer företrädesvis när det är rejält kallt. När trafiken inte längre förmår transportera bort snön bildas normalt lös snö eller snömodd i hjulspåren.

Mängden lös snö/snömodd utanför hjulspåren antas inte påverkas av trafikflödet utan enbart vara beroende av snöintensitet och vägytans temperatur.

Ibland orsakar snöfallet inte lös snö eller snömodd på vägen utan i stället uppkommer packad snö. Detta händer framför allt när snöintensiteten är mycket hög, mer än 1 cm/timme. Den packade snö som då uppstår är inte särskilt hårt packad och upplöses efter passage av ett mindre antal fordon än vid vanlig packad snö.

Fram till den tidpunkt då kombikörningen startar bestäms snödjupet som en viss andel av den snömängd som fallit utom i hjulspåren där snödjupet också beror på trafikmängden.

När kombikörning görs ändras snödjupet till ca 0,5 cm lös snö utom i hjulspåren där snödjupet är ännu mindre. Om snöfallet fortsätter byggs snödjupet på igen och nästa kombikörningsrunda startar. När snöfallet till sist slutar övergår väglaget successivt till våt barmark på hela körfältet.

Baserat på saltgiva och plogningshastighet samt à-priser kan mängden salt och kostnaden för kombikörning beräknas.

Plogning

I förenklande syfte görs snöplogning tills vidare endast på vägar tillhörande standardklass 4 och 5. Åtgärden påbörjas när startkriteriet 2 eller 3 cm lös snö är uppfyllt. Åtgärdstiden är 5–6 timmar beroende på standardklass.

Väglagsbeskrivningen före plogning, när plogning görs och när snöfallet fortsätter efter plogning samt när snöfallet till slut upphör påminner mycket om beskrivningen för kombikörning. Några viktiga skillnader kan dock nämnas.

Det underlagsmaterial som legat till grund för analyserna pekar tydligt på att väglaget tunn is i hjulspåren förekommer ofta på osaltade vägar. Väglaget kan ibland ligga kvar i veckor, trots trafik med dubbdäck.

Den packade snön, som även här uppkommer vid höga snöintensiteter, tycks vara av annan karaktär än på saltade vägar. Den verkar vara mer kompakt än packad snö som påverkas av salt och slits endast långsamt bort.

Givetvis skiljer sig slutresultatet också åt mellan kombikörning och plogning. Medan kombikörning normalt slutar i våt barmark resulterar plogningen i någon eller några typer av is- eller snöväglag med obetydligt med lös snö eller snömodd ovanpå.

Eftersom vårt underlagsmaterial inte har varit tillräckligt varierat har nästan bara förekomst av tunn is i hjulspåren kunnat studeras. Även packad snö och tjock is kan vara vanliga i hjulspåren. Hur dessa väglag uppstår och utvecklas får beskrivas senare när ett mer omfattande underlag från osaltade vägar har sammanställts.

Baserat på plogningshastighet och à-pris kan kostnaden för vidtagen åtgärd beräknas.

Sandning

Som startkriterium för sandning gäller att friktionstalet på vägen är lägre än vissa gränsvärden.

Utgångspunkten är att bygga upp en modell som beskriver behovet av sandning utgående från friktionstalet på vägen. Det är då framför allt tre frågor som behöver besvaras:

1. Vilka friktionsnivåer kan approximativt knytas till väglag, temperatur etc. innan friktionshöjande åtgärder har vidtagits?
2. Vilka friktionsförbättringar kan man förvänta sig pga. att olika åtgärder vidtas, t.ex. saltning, sandning och hyvling?
3. Vilken varaktighet har olika typer av sandningsåtgärder?

För att kunna bygga upp en modell för beskrivning av friktionsnivåer krävs ett underlag i form av uppmätta friktionstal som så långt möjligt kompletterats med de övriga data som nämnts.

En viktig del av detta underlag, och även data om friktionsförbättringar och varaktigheter av olika åtgärder, kommer att utgöras av norska mätningar. Även friktionsdata med kompletteringar som VTI mätt i slutet av 1970- och början av 1980-talet samt under vintern 2004/2005 kommer att analyseras inför modelluppbyggnaden.

På grund av tidsbrist kommer emellertid inte de analyser och den modellutveckling som skisserats ovan att hinna genomföras inom ramen för Vintermodellens andra etapp.

I stället måste en enklare beräkningsmetod användas för att beskriva behovet av sandning på vägar i standardklass 4 och 5 samt tillhörande kvantiteter och kostnader. Metoden baseras på Beräkningsmodell för vinterväghållningskostnader (Ihs och Möller, 2004). Beräkningen görs på makronivå och innebär att antalet sandningstillfällen och mängden utlagd sand per km väg under vintersäsongen som helhet enbart knyts till en sammanfattande väderbeskrivning. Någon beräkning för enskilda vädertillfällen är inte aktuell. Beräkningsmodellen anger kostnaden för sand inklusive utläggning.

Eftersom sandningsåtgärder i detta skede måste behandlas mycket schematiskt finns det ingen anledning att göra detaljerade beskrivningar av väglagsförändringar. Därför använder vi tills vidare oförändrat väglag efter sandning.

Hyvling/isrivning

Hyvling/isrivning med väghyvel utförs för att alltför stora ojämnheter inte ska uppstå längs eller tvärs en vägbana med packad snö eller tjock is eller vid anslutande statlig väg. Kravet på ojämnhet är max 1,5 cm i alla standardklasser mätt med en 60 cm lång rätskiva.

Åtgärdstiden är 48 och 72 timmar för standardklass 4 respektive 5. I standardklass 1–3 ska åtgärden utföras förebyggande.

Det behov av hyvling/isrivning som kan beskrivas i väglagsmodellen är enbart kopplat till ojämnheter tvärs vägen. Beskrivningen görs med hjälp av delmodell Nedslitning av packad snö/tjock is.

Vid hyvling/isrivning ändras väglaget på så sätt att små bitar av packad snö eller tjock is kommer att ligga ovanpå den hyvlade/rivna vägytan. Trafikens påverkan gör att dessa bitar relativt snabbt kastas bort från körfältet eller mals ned till något som närmast liknar grov lös snö.

På basis av ett fåtal dokumenterade tillfällen av hyvling/isrivning används följande väglagsförändring då denna åtgärd görs:

- Lite lös snö, 0,5 cm, finns på hela körfältet upp till 1 timme efter åtgärd
- Ingen lös snö eller snömodd finns någonstans på körfältet efter mer än 1 timme efter åtgärd
- Ojämnheten minskar från ≥ 1,5 cm till 0,5 cm efter åtgärd.

Baserat på väghyvelns hastighet vid åtgärd och à-pris kan kostnaden för utförd åtgärd beräknas.

Nedslitning av packad snö/tjock is

I denna delmodell handlar det om att beskriva hur snabbt ett skikt av packad snö eller tjock is slits ned till följd av trafik med dubbdäck.

Analyser av särskilda fältmätningar tyder på att den relativa nedslitningen i hjulspåren är i storleksordningen 0,0005 mm/fordon med dubbdäck för tjock is och ca 0,007 mm/fordon med dubbdäck för packad snö. Utanför hjulspåren är nedslitningen mindre än hälften av ovanstående värden.

Kondensering

Om temperaturen i en luftmassa sjunker blir luften så småningom mättad med vattenånga. Då kan luften inte längre hålla kvar allt vatten utan kondensering (utfällning) börjar ske. Den temperatur då luften är mättad med vattenånga kallas daggpunktstemperaturen.

När det gäller vägar sker kondensering då vägytans temperatur är lägre än luftens daggpunktstemperatur. Beroende på bl.a. vägytans temperatur och om förebyggande saltning gjorts eller restsalt finns på vägen resulterar kondenseringen i rimfrost eller vatten.

Kondensering som kan leda till halka på grund av måttlig eller kraftig rimfrostutfällning på saltade vägar behandlas i delmodell Förebyggande halkbekämpning.

Om rimfrostutfällning sker på osaltade vägar finns två alternativa väglagsförändringar:

- Om väglaget före rimfrostutfällningen är barmark så blir väglaget först rimfrost och efter trafikbearbetning tunn is
- Om väglaget före rimfrostutfällningen är lös snö/snömodd eller packad snö/tjock is/tunn is med eller utan lös snö/snömodd ovanpå antas förenklat att väglaget inte förändras.

Efter att ha diskuterat tillgängliga fysikaliska modeller med experter vid SMHI och Göteborgs Universitet kommer nedanstående modellansats att användas i den första versionen av väglagsmodellen.

I en artikel (Knollhoff et al., 2003) beskrivs en beräkningsmetod för att ta fram tillväxthastigheten av rimfrost eller fruset vatten vid utfällning. Beräkningsmetoden kan efter bearbetning beskrivas med följande formler:

$F_f = 2{,}16 * 10^{-6} * U * D / T_A$

$D = 611*\{\exp(22{,}2 - 6061/T_D) – \exp(22{,}2 - 6061/T_p)\}$

där

F_f = tillväxthastigheten av fruset vatten eller rimfrost vid utfällning (kg/m^2 s)

U = vindhastighet på nivån 5 meter enligt VViS (m/s)

D = skillnad mellan aktuellt ångtryck i luften på nivån 2 meter och mättnadsångtrycket i luften vid beläggningsytan (P)

T_A = lufttemperatur på nivån 2 meter enligt VViS (K)

T_D = luftens daggpunktstemperatur enligt VViS (K)

T_p = temperaturen i vägytan enligt VViS (K)

Enligt uppgift torde denna beräkningsmetod, med vissa modifieringar, kunna användas för tre beräkningsfall**:**

1. Utfällning av fruset vatten eller rimfrost
2. Utfällning av flytande vatten
3. Upptorkning av en fuktig vägyta.

Bortstänkning

Delmodell Bortstänkning ska beskriva vilka variabler som i första hand styr att vatten från regn, snöblandat regn eller smält snö försvinner från vägbanan.

Mekanismen vid bortstänkning verkar vara att vattnet på vägbanan rivs upp av bilarnas däck och följer med som ett vattenmoln som är längre och bredare än vad fordonet är. När vattenmolnet tappar kontakten med fordonet faller vattendropparna åter ned till marken. En del droppar faller ned på vägbanan igen och en del hamnar på ömse sidor om vägen. En vind från sidan hjälper också till att föra bort vattendropparna från vägbanan.

Iakttagelser vid fältmätningar pekar på att framför allt nedanstående fyra variabler är betydelsefulla:

- Trafikflödets storlek
- Trafikflödets sammansättning av personbilar och lastbilar
- Trafikens hastighet
- Vindhastigheten tvärs vägen.

Inverkan av dessa variabler har studerats i första hand med hjälp av mätdata från vår egen fältmätningsplats Klockrike utanför Linköping. En första analys tyder på att vattenmängden i hjulspåren avtar enligt följande exponentiella samband:

$$Y = V * \exp [- x * (0{,}005 + 0{,}001 * w)]$$

där

Y = vattenmängd i hjulspåren när x personbilsekvivalenter har passerat (g/m^2)

V = ursprunglig vattenmängd i hjulspåren (g/m^2)

x = antal passerande personbilsekvivalenter (st.), där en lastbil utan släp motsvarar 6 och en lastbil med släp 8 personbilsekvivalenter

w = vindhastighetens komposant vinkelrätt mot vägen (m/s)

Upptorkning

När vatten har stänkt bort en viss tid slutar bortstänkningsmekanismen att verka. Det är rimligt och praktiskt att knyta denna förändring till att också väglaget ändras från våt barmark till fuktig barmark. Mätdata tyder på att ändringen ligger vid en vattenmängd på vägen på ungefär 10 g/m^2.

Detta innebär alltså att när väglaget övergått till fuktig barmark startar Delmodell upptorkning. Delmodellen ska beskriva när fuktig barmark har övergått till torr barmark.

Mekanismen vid upptorkning är att vatten (fukt) avdunstar från vägbanan. Genomgång av litteratur visar att åtminstone följande variabler påverkar hastigheten på upptorkningsförloppet:

1. Vägytans temperatur
2. Daggpunktstemperaturen
3. Vindhastigheten
4. Iakttagelser vid fältmätning pekar på att även följande variabler är viktiga att beakta
5. Trafikflödets storlek
6. Trafikflödets sammansättning av personbilar och lastbilar
7. Trafikens hastighet
8. Salthalten hos fukten.

Variabel 4–6 är egentligen samma variabel som vindhastigheten. Man kan hävda att de enskilda fordonen genererar kortvariga artificiella vindstötar.

Det är sedan länge känt att salt på vägbanan binder fukt eftersom vägsalt är hygroskopiskt. Det brukar kallas för saltfuktiga vägar. I nuvarande väglagsmodell kommer ingen hänsyn att tas till saltkoncentrationens betydelse för upptorkningsförloppet.

Den modell för kondensering som beskrivits ovan kommer att vara utgångspunkten även för att beskriva upptorkning.

5.7 Fortsatt FOU

Under etapp 1 och 2 av väglagsmodellen har mätdata rörande väder, trafik och åtgärder samlats in, systematiserats och analyserats för att ta fram den första körbara versionen av en väglagsmodell. Arbetet har mycket starkt varit inriktat på att, inom den givna tidsramen, ta fram de nio delmodeller som tillsammans utgör en körbar väglagsmodell. Eftersom väglagsmodellen visat sig vara långt mer mångfasetterad än vad som förutsattes i den ursprungliga projektplaneringen har tidsaspekten inneburit att utvecklingen och testningen av vissa delmodeller, trots en massiv arbetsinsats, inte har hunnits med i den utsträckning som planerats.

Utvecklingsarbetet har ibland resulterat i relativt tydliga och begripliga mönster, ibland har komplexiteten varit så stor att det varit nödvändigt att begränsa den framtagna delmodellen till att bara beskriva ett av flera möjliga utfall. Det har inte alltid varit möjligt att förstå vilka mekanismer som styr en väglagsutveckling.

Den största nyttan med hittills nedlagt arbete har inte varit beskrivningen av delmodellerna i sig, utan uppbyggnaden av väglagsmodellens struktur. Även om förenklingar gjorts så finns en sammanhängande kedja från de krav på väghållningsstandard som ställs i regelverket över väglagsbeskrivningar före och efter åtgärd till kvantiteter salt och sand samt kostnad för utförda väghållningsåtgärder.

Beskrivningen av delmodellerna gör det också möjligt att mera systematiskt och kostnadseffektivt än hittills inrikta den fortsatta modellutvecklingen. Hjälpmedlet för detta heter känslighetsanalys. Man kan med en sådan analys få klart för sig hur olika förändringar av väglagsmodellens delmodeller påverkar slutresultatet i Vintermodellen. Kanske kan en delmodell som mycket grovt beskriver väglaget vara fullt tillräcklig för ett acceptabelt slutresultat. Å andra sidan kan man upptäcka att en redan komplicerad delmodell måste vidareutvecklas eftersom den har avgörande betydelse för slutresultatet.

I etapp 3 kommer väglagsmodellen, förutom att känslighetstestas, även att på ett systematiskt sätt vidareutvecklas och kalibreras. Kompletterande fältmätningar behöver också genomföras, utvärderas och implementeras.

I avvaktan på resultaten av känslighetsanalysen bedömer vi att följande moment, utan rangordning, är viktigast att genomföra för att förbättra väglagsmodellen.

- Modellering av restsaltets betydelse för olika åtgärder (delmodell förebyggande halkbekämpning och kombikörning)
- Klarläggande av vilka mekanismer som styr uppkomst av tunn is, packad snö och tjock is i hjulspår (delmodell plogning)
- Uppbyggnad av beskrivningar som anger samband mellan friktionsnivå och väglag, friktionsförbättringar vid olika åtgärder och varaktighet av olika typer av sandningsåtgärder (delmodell sandning)
- Insamling av större empiriskt underlag för att säkrare kunna ange hur fort vatten på vägen stänker bort i och utanför hjulspår (delmodell bortstänkning)
- Klarläggande av salthaltens och trafikflödets betydelse för upptorkningsförloppet (delmodell upptorkning).

5.8 Referenser

Ihs, A. och Möller, S: **Beräkningsmodell för vinterväghållningskostnader.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI notat 53-2004. Linköping. 2004.

Knollhoff, D.S, Takle, E.S, Gallus Jr, W.A, Burkheimer, D & McCauley, D: **Evaluation of a frost accumulation model.** Meteorol. Appl. 10, 337–343 (2003).

Möller, S: **Vinterväglagsmodell på makronivå. Ett första försök.** Statens väg- och trafikinstitut. VTI meddelande 614. Linköping. 1989.

Möller, S: **Utveckling av vinterväglagsmodell på mikronivå. Planprojekt.** Statens väg- och trafikinstitut. VTI meddelande 649. Linköping. 1990.

Möller, S: **Ersättningsmodell för vinterväghållning baserad på väderdata från VViS och MESAN, VädErsKombi.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI notat 39-2003. Linköping. 2003.

Ragnøy, A: **Føreforholdsmodell.** Transportøkonomisk Institutt, Vegdirektoratet. Oslo. Notat 830.1987.

Vägverket: **Metodbeskrivning 105:1996. Bedömning av vinterväglag**. Publikation 1996:59. Vägverket. Borlänge. 1996.

Vägverket: **ATB VINTER 2003**. Publikation 2002:148. Vägverket. Borlänge. 2002.

Wallman, C-G: **Mätning av fordonshastighet och flöde vid olika väglag.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI meddelande 953. Linköping. 2005.

Wallman, C-G, Möller, S, Blomqvist, G, Bergström, A och Gaunt, H: **Tema Vinter-modell: Etapp 1.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI meddelande 958. Linköping. 2005.

6 Framkomlighetsmodellen

6.1 Bakgrund

Utvecklingen av en modell för sambanden mellan hastighet respektive flöde och väglag kräver omfattande, väl kontrollerade väglagsobservationer och trafikmätningar. Tidigare utförda studier är dessvärre av begränsat värde: avsikten har inte varit att studera problem av denna detaljeringsgrad, trafikmätningsutrustningen har inte fungerat väl i vintermiljö och väglagsobservationerna har inte företagits tillräckligt ofta. Problemet är intrikat, eftersom det kräver:

- Trafikanalysatorer som fungerar vid is-/snöväglag och vars sensorer inte skadas av åtgärder som plogning etc.
- Tät och detaljerad kontroll av väglaget, särskilt då det snabbt förändras
- Kontroll över vädret

samt gärna

- Kontroll över vidtagna åtgärder.

För att ta hand om alla insamlade data, behövs ett datorbaserat system för hantering och strukturering av data samt någon metod för att analysera resultaten.

Framkomlighetsmodellen och dess utveckling är detaljerat beskriven i VTI meddelande 953: Mätning av fordonshastighet och flöde vid olika väglag (Wallman, 2003).

6.2 Hypoteser

Hypoteserna bakom projektet är att fordonsförare anpassar sitt körsätt till rådande väder och väglag under vintern, alternativt antingen skjuter upp eller ställer in resor vid förhållanden som bedöms som allt för svåra.

Vidare antar vi att förarnas anpassning är olika i olika delar av landet, på så sätt att man påverkas i mindre grad vid ökande förekomst av vinterväglag. Vi tror också att skilda typer av väglag har olika stora effekter.

Dessutom förmodar vi att förarbeteendet är olika för olika fordonskategorier: personbilsförare påverkas mest, med en minskande påverkan för allt tyngre fordon.

Testvariablerna för hypoteserna är medelhastigheter respektive trafikflöde beräknade på timnivå.

6.3 Syfte

Syftet med detta projekt var för det första att inventera och utveckla metoder för insamling och bearbetning av mätdata, omfattande:

- Val av trafikmätningssystem
- Val av väderinformationssystem
- System för instruktion till och dokumentation av väglagsobservationer
- Val av platser för trafikmätningar och väglagsobservationer
- Metod för konvertering av väglagsobservationerna till 18 standardiserade väglag
- Utveckling av databas och databashanterare för mätdata
- Utveckling av analysmetod.

För det andra gällde det att genomföra mätningarna samt att bearbeta och analysera mätresultaten. Avsikten var att täcka in olika typer av vägar, med så god spridning över landet som var praktiskt möjlig.

Slutligen skulle de ovan nämnda hypoteserna testas.

6.4 Metod

6.4.1 Observationsplatser

Valet av mätplatser gjordes på grundval av vägtyp, trafikflöde, driftstandardklass och sannolikheten för vinterväglag (beroende på geografiskt läge – klimatzon); dessutom beaktades avståndet till närmaste VViS-station för väderbevakning samt säkerheten för observatörerna vid observationsplatsen. Vägbredden valdes i intervallet 6–10 m, det vill säga tvåfältiga vägar med inga eller smala vägrenar.

Årsdygnstrafiken skulle vara måttlig, 1 500–4 000 fordon.

Önskemålet om frekventa och gärna långvariga vinterväglag medförde att vi förlade första säsongens mätningar till de inre delarna av klimatzon övre och nedre norra Sverige och företrädesvis på vägar med driftstandard B1, som normalt är osaltade. Under följande säsonger upprättades nya observationsplatser längre söderut – i klimatzon mellersta Sverige, där alla vägar (med ett undantag) hade driftstandardklass A3. Elva observationsplatser utnyttjades, med mätningar under två vintersäsonger utom i två fall, där endast en säsong gällde.

6.4.2 Trafikmätningar

Mätningarna utfördes med Vägverkets Metor-analysatorer, med induktiva slingor som sensorer, nedfrästa i beläggningen.

Medelhastigheter och flöden mättes riktningsuppdelade för varje timme under mätperioden för fem fordonskategorier, personbilar utan släp samt lätta respektive tunga lastfordon, bägge kategorierna med respektive utan släp. Bussar kategoriserades som lastfordon utan släp. Vid inmatningen i databasen kategoriserades lastfordonen endast i grupperna med respektive utan släp, det vill säga data för tre fordonskategorier lagrades i databasen. Dessutom beräknades samtidigt medelhastigheter och flöden totalt för båda riktningarna.

6.4.3 Väglagsobservationer

Principen för observationerna bygger på den som beskrivs i Metodbeskrivning 105 (Vägverket, 1996), men med tämligen omfattande modifieringar.

Metoden innebar att utbildade observatörer iakttog fem stycken hundra meter långa delytor på ett körfält: körfältskant, höger hjulspår, mellan hjulspår, vänster hjulspår samt vägmitt.

Observationerna skedde från två gånger per dag till en gång per timme, beroende på väder- och väglagsförhållanden. Observationerna utfördes normalt på vardagar mellan kl. 6–20 och alltid på ett och samma körfält.

Tillståndet på vägen beskrevs som nämnts för fem delytor; för att kunna göra jämförelser på väglagsnivå var det nödvändigt att konvertera observationerna till ett hanterbart antal väglag. Åtskillnad gjordes mellan 18 olika väglag, se för övrigt kapitel 4, Definitioner och förklaringar.

6.4.4 Väderinformation

Väderdata erhölls från den VViS-station som var närmast observationsplatsen. Dessa data förädlades via Vägverket beträffande risker för halka med hjälp av VädErs och redovisades på timnivå.

Även väglagsobservatörerna gjorde väderiakttagelser: uppehållsväder, nederbörd (typ och intensitet), snödrev/snörök samt siktförhållanden, detta visade sig vara en utmärkt komplettering till VädErs-data.

6.4.5 Databas

Databasen är skapad i Microsoft Access för att hela behandlingen skall kunna göras i Windows-miljö. Olika kategorier av data lagras i tabeller och här utgörs datakategorierna av:

- Trafikmätningar (medelhastighet och flöde)
- Väderdata (VädErs-data)
- Väglagsobservationer på delytor
- Väglagstyp.

Dessa data lagras i var sin tabell. Med hjälp av nycklar (till exempel datum och klockslag) kan data i tabellerna associeras till varandra, exempelvis observationer till trafikmätningar och väderdata.

Med databashanteraren konverteras varje väglagsobservation till något av de 18 väglagen, varefter man har möjlighet att komplettera eventuella timmar mellan observationstillfällena med det sannolikt rådande väglaget. Vidare utnyttjas databashanteraren för att ta fram underlaget för den statistiska analysen med parjämförelsemetoden, nämligen en rapport i form av en textfil, som innehåller väglagspar med tillhörande trafik- och väderdata (se nedan).

6.4.6 Parjämförelsemetoden

För att så långt som möjligt eliminera variationer i hastigheter och flöden, som inte beror på väglag (och väder), utvecklades en särskild analysmetod, som döptes till *parjämförelsemetoden* (Möller, 1996; Wiklund, 2004).

Tanken bakom metoden är att matcha timmar parvis, där endast väder- och väglags-förhållanden antas förklara skillnader i flöden och hastigheter. Så långt som möjligt skall alltså övriga förhållanden vara lika, vilket innebär att hänsyn tas till dygnsvisa, veckodagsvisa och säsongsvisa variationer i trafikförhållandena.

Den dygnsvisa variationen tar vi hänsyn till genom att tillståndet under en viss timme endast jämförs med tillståndet samma eller angränsande timmar en annan dag; så till exempel kan timme 9 en tisdag jämföras med timme 8, 9 och 10 påföljande torsdag.

Den veckovisa variationen beaktas genom att jämförbara dagar grupperas; såsom måndagar till och med torsdagar i en grupp, fredagar i en andra grupp samt lördagar, söndagar och helgdagar i en tredje grupp.

Den säsongsvisa variationen beaktas på så sätt att jämförelserna endast görs inom en begränsad tidsrymd, högst fjorton dagar ansågs vara en lämplig period.

De 18 olika väglagen kan teoretiskt ge upphov till 153 olika par. Varje parmedlem identifieras med sitt väglag och ett antal attribut knyts till varje medlem: datum, timme, väderförhållanden, medelhastighet och flöde för varje fordonstyp samt en kod för ljus eller mörker. Kortfattat så innebär den statistiska analysen en regressionsanalys av resultatet från alla matchade par, där skillnaderna relateras till hastigheten vid torr barmark. Innan analysen kan genomföras, måste data prepareras genom att övertaliga matchningar elimineras och data viktas för medlemmar som bildar par med fler än en annan medlem.

6.5 Resultat

Alla medelhastigheter och flöden vid olika väglag är beräknade relativt genomsnitts-värdena för torr barmark, sett över hela vintern.

Den statistiska metoden (parjämförelsemetoden) innebär att medelvärden och sprid-ningsmått för hastighets- och flödesskillnader beräknas för alla väglagspar som skapats i databasen för varje observationsplats. Därefter sker en utjämningsberäkning, så att värdena för varje väglag enbart knyts till referensväglaget (torr barmark).

Samtliga resultat för varje mätplats, säsong och fordonskategori återfinns i VTI meddel-ande 953, dock endast för hastighetsförändringarna. Något statistiskt säkerställt samband mellan väglag och flödesändringar kunde inte konstateras.

Bortsett från de förväntade flödesändringarna så accepterades de hypoteser beträffande hastighetsanpassning, som formulerats i avsnitt 6.2, nämligen:

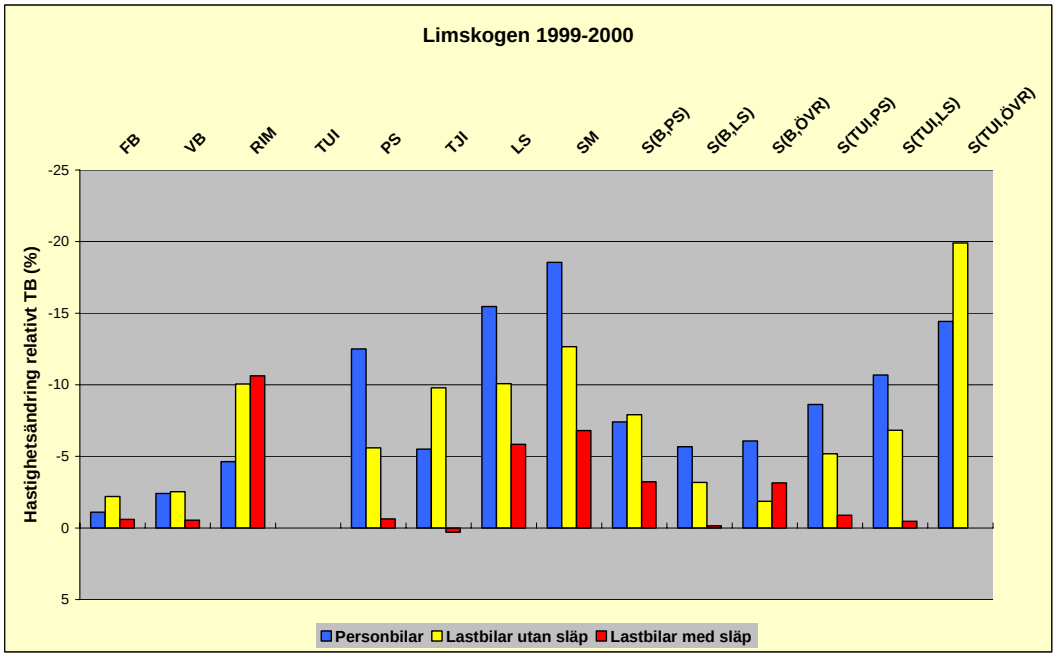
1. Hastighetsanpassningen vid vinterväglag är olika stor i olika delar av landet
2. Hastighetsanpassningen är olika stor vid skilda typer av vinterväglag
3. Förarbeteendet är olika för olika fordonskategorier – ju tyngre fordon desto mindre påverkan av vinterväglag.

I tabell 1 visas ett något redigerat, detaljerat exempel ur VTI meddelande 953. I kolumnerna ser vi väglag, referenshastigheten vid torr barmark, den absoluta hastighetsförändringen i km/h relativt torr barmark, 95-procentigt konfidensintervall samt den relativa hastighetsförändringen i procent av referenshastigheten.

Tabell 1 Observationsplats Limskogen 1999–2000, personbilar: referenshastighet vid torr barmark, förändringar i medelhastighet vid olika väglag, 95 % konfidensintervall samt relativa hastighetsförändringar.

	Referens-hastighet	**Hastighets-förändring**	**Konfidens-intervall**	**Relativ hast. förändring**
	km/h	km/h	km/h	%
TB	96,3			
FB		-1,1	±0,7	-1,1
VB		-2,3	±0,9	-2,4
RIM		-4,5	±8,5	-4,6
TUI		–	–	–
PS		-12,0	±5,4	-12,5
TJI		-5,3	±8,1	-5,5
LS		-14,9	±1,2	-15,5
SM		-17,9	±1,1	-18,5
S(B,PS)		-7,1	±1,8	-7,4
S(B,LS)		-5,5	±0,9	-5,7
S(B,ÖVR)		-5,9	±1,6	-6,1
S(TUI,PS)		-8,3	±2,4	-8,6
S(TUI,LS)		-10,3	±1,7	-10,7
S(TUI,ÖVR)		-13,9	±13,1	-14,4

Tabellerna ger de numeriska värdena på resultaten, men denna form är mycket oöverskådlig. En klarare presentationsform är att visa de relativa hastighetsförändringarna i stapeldiagram gemensamt för de tre fordonskategorierna. Exempel på denna presentation visas i figur 3.



Figur 3 Observationsplats Limskogen 1999–2000: relativa hastighetsändringar vid olika väglag för de tre fordonskategorierna.

Från mätningarna på plats- och säsongsnivå konstaterar vi, att för is- och snöväglagen är medelhastigheten för personbilar signifikant skild från den vid torr barmark i 91,5 % av fallen. I enstaka fall går skillnaden åt ”fel håll”, det vill säga en ökning av hastigheten. Vid fuktig eller våt barmark är skillnaden signifikant endast i 53,6 % av fallen och här konstateras hastighetsökningar i flera fall.

Lastfordonen påverkas generellt sett mindre av olika väglag; andelen signifikanta skillnader blir avsevärt lägre.

För att resultaten skall bli praktiskt användbara, krävdes att vi generaliserade grunddata och reducerade dem till en begriplig men ändå tillräckligt detaljerad nivå. Slutresultatet innebär att grunddata grupperas på två olika sätt: efter klimatzon och efter bredd, 6–7,9 m respektive 8–9,5 m. Dessutom reduceras de 18 olika väglagen till åtta, inklusive torr barmark. I tabellerna 2 och 3 visas hastighetsreduktionerna relativt referenshastigheterna vid torr barmark för de båda fallen.

Tabell 2 Procentuella hastighetsminskningar relativt torr barmark för olika regioner och väglag. Justerade värden.

	Mellersta Sverige			Nedre norra Sverige			Övre norra Sverige		
	PB	**LBU**	**LBS**	**PB**	**LBU**	**LBS**	**PB**	**LBU**	**LBS**
FB	1	1	1	1	1	1	1	2	2
VB	2	2	2	2	2	2	2	3	3
RIM/TUI	10	9	8	8	7	6	6	5	4
PS/TJI	20	19	15	16	15	7	9	8	5
LS/SM	17	16	9	14	13	6	11	11	5
S(B)	8	8	6	6	6	5	5	5	4
S(TUI)	12	11	10	10	8	7	7	5	4

Tabell 3 Procentuella hastighetsminskningar relativt torr barmark vid olika väglag på vägar i två breddklasser. Justerade värden.

	Bredd 6–7,9 m			Bredd 8–9,5 m		
	PB	**LBU**	**LBS**	**PB**	**LBU**	**LBS**
FB	2	2	2	1	1	1
VB	3	3	3	2	2	2
RIM/TUI	8	7	7	7	6	6
PS/TJI	19	18	15	15	14	10
LS/SM	16	15	11	13	12	7
S(B)	7	6	6	6	5	5
S(TUI)	10	8	8	9	7	7

Innehållet i tabellerna kan naturligtvis diskuteras i enskildheter – dock tror vi att vi kommit så nära ”sanningen” man rimligen kan komma; redovisningen med två skilda indelningsgrunder finner vi är mycket bra, den ger stor flexibilitet vid kommande implementeringar av resultaten.

6.6 Slutsatser

Avsikten med projektet ”Hastighet/flöde – väglag” var att resultaten skall kunna inlemmas som en delmodell i Tema Vintermodell, ett system för beräkning av effekter av förändringar i vinterväghållningen på vägnätsnivå. Just detta projekt skall ge underlag för skattning av framkomlighetsförändringar på olika is- och snöväglag jämfört med väglaget torr barmark.

Framkomligheten definieras här som medelhastighet och flöde, räknat på timnivå. För hastigheterna har vi kunnat konstatera klara hastighetsreduktioner på is- och snöväglag och också kunnat generalisera resultaten till användbara modeller. Däremot har vi inte kunnat konstatera generella samband mellan is- och snöväglag och flödesförändringar.

Hastighetssambanden gäller för tre fordonskategorier: personbilar, lastbilar utan släp (inklusive bussar) samt lastbilar med släp. För dessa kategorier har vi skapat generaliserade tabeller för hastighetsreduktionerna vid väglagen fuktig respektive våt barmark samt fem olika is- och snöväglag, där reduktionerna relaterats till hastigheterna vid torr barmark.

Olika tabeller gäller för vägnät i olika klimatzoner samt vägnät med två olika vägbreddsintervall.

Vi har endast studerat vägar med bredder mellan 6 och 9,5 meter. Omfattningen av dessa vägar i Sverige svarar mot 47 % av det statliga vägnätets längd och 43 % av det totala trafikarbetet.

Inom dessa begränsningar har vi fått ett gott underlag för beräkningar av effekter av förändringar i vinterväghållningen. Exempelvis kan vi för ett vägnät beräkna konsekvenserna av att övergå till annan halkbekämpningsmetod eller annat åtgärdsintervall.

Av några speciella fallstudier i datamaterialet har vi också fått ett visst underlag för att kunna bedöma inverkan av väder- och siktförhållanden, liksom inverkan av låg friktion.

6.7 Referenser och litteratur

Möller, S: **Väglag – Trafikflöde – Hastighet. En studie av nyttan med att ta hänsyn till väglaget vid bortfallskomplettering av trafikflöde och hastighet.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI meddelande 794. Linköping. 1996.

Vägverket: **Metodbeskrivning 105:1994. Bedömning av vinterväglag. Funktionella egenskaper.** Publikation 1994:82. Vägverket. Borlänge. 1994.

Vägverket: **Drift 96: Allmän teknisk beskrivning av driftstandard.** Publikation 1996:16. Vägverket. Borlänge. 1996.

Wallman, C-G: **Effektberäkningar till ”Lathunden”. Hastighetsreduktioner och bränsleförbrukning vid olika väglag.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI notat 71-1996. Linköping. 1996.

Wallman, C-G: **Mätning av fordonshastighet och flöde vid olika väglag. ”Första halvåret 1998”. Förberedelser inför fältmätningar.** PM 1998-10-26. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1998.

Wallman, C-G: **Mätning av fordonshastighet och flöde vid olika väglag.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI meddelande 953. Linköping. 2005.

Wiklund, M: **Pair Comparing Method.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI rapport 495A. Linköping. 2004.

Öberg, G: **Friktion och reshastighet på vägar med olika vinterväghållning.** VTI rapport 218. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1981.

7 Olyckor – risker, olyckstyper och skadeföljder vid olika väglag

Detta kapitel omfattar tre delar:

1. Skattning av genomsnittliga olyckskvoter på olika väglag under hela vintersäsongen, dokumenterad i VTI notat 60-2001: Tema Vintermodell – Olycksrisker på olika vinterväglag (Wallman, 2001)
2. Som punkt 1, men med vintersäsongen indelad i tre perioder: för- hög- respektive senvinter, dokumenterad i VTI notat 19-2003: Tema Vintermodell – Olycksrisker under för-, hög- och senvinter (Bergström, 2003)
3. Skattning av hur olyckstyper och skadeföljder fördelar sig på olika väglag, dokumenterad i VTI rapport 556: Tema Vintermodell – Olycksrisker och konsekvenser för olika olyckstyper på is- och snöväglag (Niska, 2006).

Förutom efter väglag uppdelas olycksvariablerna på olika driftstandardklasser och klimatzoner.

Olyckstyperna indelas här i singel-, mötes-, upphinnande samt övriga olyckor.

Skadeföljderna är personskadeolyckor och egendomsskadeolyckor, där personskadeolyckorna omfattar olyckor med dödade, svårt skadade eller lätt skadade personer.

Den tredje punkten – olyckskvotens variation mellan för-, hög- och senvinter – implementeras inte i detta stadium i Vintermodellen, men är ändå intressant för en djupare förståelse av olycksproblemet.

7.1 Hypoteser

För de genomsnittliga olyckskvoterna (räknat för hela vintersäsongen) formulerades följande hypoteser:

1. Olyckskvoten på barmark är lägre, ju högre driftstandard vägnätet har, eftersom driftstandarden är kopplad till vägstandarden
2. För samma väglag i samma driftstandardklass är olyckskvoterna olika i olika klimatzoner
3. Olyckskvoten på olika is-/snöväglag är beroende av hur stor andel av vinterns trafikarbete som utförs på respektive väglag (varaktigheten)
4. Olyckskvoten på is-/snöväglag är högre ju högre driftstandard vägnätet har.

Några av hypoteserna uttrycker ungefär samma sak, men för full förståelse är det viktigt att precisera dem på detta sätt.

I tidigare undersökningar har man konstaterat höga olyckskvoter vid is-/snöväglag, om än med stora spridningar. Olyckskvoten har t.ex. konstaterats vara 2–20 gånger högre än den för torr barmark. Det borde alltså vara en stor trafiksäkerhetsvinst med att minska förekomsten av vinterväglag. Emellertid tyder resultatet från vissa studier (bl.a. Andersson, 1978) på att en minskad andel is-/snöväglag kan medföra en så stark ökning av olycksrisken på den kvarvarande andelen, att säkerhetsvinsten med ökad andel barmark helt kan gå förlorad. Detta skulle vara en följd av att man blir mindre van att köra på vinterväglag och att överraskningseffekterna blir vanligare. Denna teori brukar kallas ”pessimistmodellen”, till skillnad mot ”optimistmodellen”, där man antar att olycksrisken på vinterväglaget är konstant och man därför kan tillgodoräkna sig hela säkerhetsvinsten.

För för-, hög- och senvinter formulerades följande hypoteser:

1. Olyckskvoten på is-/snöväglag är högre under för- och senvintern än under högvinterperioden
2. Olyckskvoten på is-/snöväglag är högre ju kortare tid det väglaget förekommit, med antagandet att en kortare för- respektive senvinterperiod ger kortare tid med is-/snöväglag.

För studien av olika olyckstyper kan följande hypoteser formuleras:

3. Olyckornas fördelning över de fyra olyckstyperna varierar med väglaget
4. Konsekvenserna för olyckstyperna varierar med väglaget.

7.2 Datakällor

Ur Vägdatabanken (VDB) och Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) kan vi erhålla uppgifter om trafikarbeten och olyckor, uppdelade på olika konfigurationer av driftstandardklasser och geografiska områden. Däremot finns inga uppgifter om väglagsfördelningar där.

Under de fyra vintersäsongerna 1993/94–1996/97 företogs väglagsobservationer i cirka 2 000 punkter på det statliga vägnätet. Observationerna skedde i representativa punkter för vägar i de olika driftstandardklasserna. Här finns ett unikt material för att skatta väglagsfördelningarna under dessa vintrar (Möller, Wretling, 1998).

Sålunda har ur VDB hämtats uppgifter om trafikarbetet i varje driftstandardklass och län samt ur VITS polisrapporterade olyckor per väglag och län. Data summerades därefter till klimatzonsnivå.

7.3 Olyckskvoter vid olika väglag

7.3.1 Medelvärden

Med ovan nämnda underlagsdata kunde olyckskvoterna enkelt beräknas för varje väglag i varje driftstandardklass i varje klimatzon. Resultatet blev medelvärden på olyckskvoterna för respektive säsong. Både antal olyckor och trafikarbete visade sig vara litet för vissa is-/snöväglag, i synnerhet på högtrafikerade vägar i södra Sverige; underlaget för olyckskvotsberäkningen blev då mycket bräckligt. En summering av samtliga säsonger gav ett stabilare underlag, samtidigt som resultatet då representerar ett medelvärde av flera vintrar.

I tabell 4–7 visas medelvärden för olyckskvoter för de fyra vintersäsongerna, per klimatzon, driftstandardklass och väglag.

Tabell 4 Olyckskvoter för klimatzon södra Sverige, olyckor per miljon fordonskm.

	A1	A2	A3	A4	B1	B2
TB	0,49	0,32	0,42	0,58	0,24	0,53
FVB	0,40	0,28	0,31	0,40	0,30	0,57
PS	5,81	7,09	2,19	2,39	0,66	1,40
TUI	16,28	6,12	3,38	8,62	1,00	2,51
LS	4,52	2,96	1,89	1,62	0,95	1,70

Tabell 5 Olyckskvoter för klimatzon mellersta Sverige, olyckor per miljon fordonskm.

	A1	A2	A3	A4	B1	B2
TB	0,22	0,21	0,27	0,32	0,32	0,43
FVB	0,34	0,27	0,26	0,35	0,34	0,44
PS	12,02	3,44	1,75	1,32	1,12	1,20
TUI	20,66	4,74	2,68	3,95	2,24	1,90
LS	3,45	3,86	1,51	1,33	1,02	0,92

Tabell 6 Olyckskvoter för klimatzon nedre norra Sverige, olyckor per miljon fordonskm.

	A1	A2	A3	A4	B1	B2
TB		0,18	0,19	0,20	0,18	0,27
FVB		0,18	0,20	0,21	0,20	0,47
PS		3,09	0,84	0,55	0,60	0,70
TUI		2,41	1,18	1,57	0,85	0,92
LS		1,56	1,25	1,02	1,22	1,17

Tabell 7 Olyckskvoter för klimatzon övre norra Sverige, olyckor per miljon fordonskm.

	A1	A2	A3	A4	B1	B2
TB		0,27	0,24	0,35	0,14	0,19
FVB		0,19	0,27	0,28	0,22	0,27
PS		0,89	1,70	5,19	0,43	0,41
TUI		2,92	1,09	0,72	0,39	0,51
LS		1,21	2,28	1,40	1,19	0,62

Tabellerna kräver några kommentarer:

- Hypotes 1 accepteras med vissa undantag, främst för södra och övre norra Sverige. Hypoteserna 2 och 4 accepteras i stort sett otvetydigt
- I södra och övre norra Sverige är den skattade olyckskvoten på fuktig eller våt barmark ofta väsentligt lägre än den för torr barmark
- Olyckskvoten på torr barmark är väsentligt högre i södra Sverige än i övriga klimatzoner för de A-klassade vägarna
- Olyckskvoterna i norra delen av landet är generellt sett lägre än i den södra delen.

En omständighet att ha i åtanke är, att underlaget för riskberäkningarna är litet, speciellt för is-/snöväglag i södra och mellersta Sverige på A1- och A2-vägar, trots att data för fyra vintersäsonger summerats.

Vissa mer eller mindre systematiska felkällor förekommer också, exempelvis skedde väglagsobservationer endast på vardagar mellan kl. 6–22. Väglaget ”tunn is” torde vara mest förekommande nattetid, därför är olyckskvoterna på detta väglag troligen överskattade. Polisen har inte heller samma bedömningsgrunder för väglagen som väglagsobservatörerna, vilket också påverkar riskberäkningarna.

Medelvärdena bör vara konsistenta för att vara användbara i Vintermodellen, exempelvis bör olyckskvoten för fuktig eller våt barmark alltid vara högre än för torr barmark. Däremot behöver relationerna mellan olika vinterväglag inte vara likartade för alla klimatzoner, vilket framgår av varaktighetsstudien nedan.

7.3.2 Olyckskvot – varaktighet

Pessimistmodellen kan formuleras som att ”ju sällsyntare ett vinterväglag är, desto högre blir olycksrisken”. Flera indikationer finns att så är fallet. De studier som gjorts hittills, har emellertid haft ett klent empiriskt underlag, man har därför efterlyst mer djuplodande studier men också experiment.

En annan aspekt är att vi i modellen borde frigöra oss från dagens driftstandardregler, med dess indelning i olika standardklasser – detta är ju inte för evigt givet.

Den metod vi tillämpat här är att samtliga driftstandardklasser analyseras gemensamt. För att få ett stabilare underlag för analysen, har dock data för standardklasserna slagits samman parvis: A1+A2, A3+A4 respektive B1+B2. Uppdelningen på olika väglag och klimatzoner bibehölls. Andelen trafikarbete för varje väglag (varaktigheten) under vintersäsongen beräknas lätt – trafikarbetet för respektive väglag var ju känt sedan tidigare, liksom det totala trafikarbetet. Vi får slutligen olyckskvoterna för varje is-/snöväglag fördelade efter varaktighet. Däremot kommer vi inte med denna metod åt eventuella variationer i den marginella olyckskvoten under vintern, som kan bero på ökad risk vid ”första halkan” eller på frekvensen – olyckskvoten kan mycket väl tänkas vara olika, om samma väglag är uppdelat på ett antal tillfällen eller förekommer under en sammanhängande tidsrymd.

Avsikten med Vintermodellen är ju att marginaleffekter av förändringar av vinterväghållningen skall kunna beräknas. Det är därför nödvändigt att sådana beräkningar också kan göras för olyckorna. Dataunderlaget för detta projekt är så omfattande, att vi borde kunna konstruera mycket bättre beräkningsmodeller än vad som nu existerar.

Om man beräknar de trafikarbetsmässiga andelarna för varje is-/snöväglag och för varje säsong, finner man att de varierar kraftigt inom varje klimatzon, vilket framgår av tabell 8.

Tabell 8 Spännvidden i varaktigheter för is-/snöväglag i de fyra klimatzonerna.

	Packad snö/tjock is	**Tunn is/rimfrost**	**Lös snö/snömodd**
Södra Sverige	0,0005–0,19	0,002–0,14	0,01–0,12
Mellersta Sverige	0,002–0,16	0,004–0,10	0,02–0,16
Nedre norra Sverige	0,002–0,27	0,02–0,18	0,02–0,13
Övre norra Sverige	0,01–0,49	0,02–0,36	0,02–0,14

Generellt sett svarar undre gränsen mot A1+A2-vägar och den högre mot B1+B2-vägar. Om pessimisthypotesen är sann, bör alltså olyckskvoterna vara högre för kortare varaktigheter och vice versa.

Det visar sig, att om man logaritmerar olyckskvoter och trafikarbetsandelar, kan man göra en linjär regression där generellt sett mycket goda förklaringsgrader (determinationskoefficienter, R^2-värden) erhålls. Sambanden har uttryckts som

$$\ln(10\times OK_i) = k1\times\ln(1000\times TA_i/TA_{tot}) + k2$$

där OK_i är olyckskvoten för väglag *i*, TA_i är trafikarbetet på väglag *i* och TA_{tot} är det totala trafikarbetet under vintersäsongen för ett visst driftstandardklasspar i en viss klimatzon, k1 är regressionslinjens riktningskoefficient (negativ) och k2 är interceptet.

Regressionerna separeras endast på väglag och klimatzon, dvs. varje regression baseras på samtliga standardklasser och vintrar.

Utvecklar man ekvationen till en begripligare exponentialfunktion, erhålls

$$OK_i = c\times(TA_i/TA_{tot})^{k1}$$

där

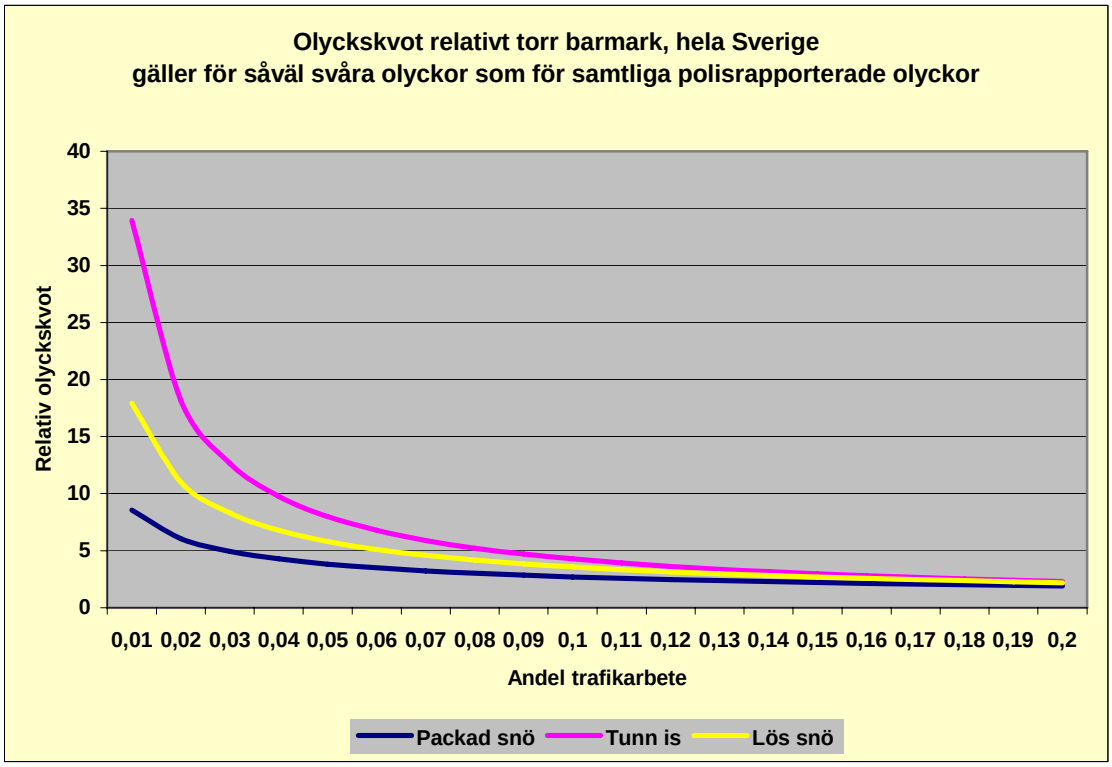
$$c = e^{k2} \times 10^{3k1-1}$$

Modellen utvecklades vidare genom att olyckskvoten för respektive is-/snöväglag relaterades till olyckskvoten på torr barmark. De relativa olyckskvoterna blev då påtagligt lika för de olika klimatzonerna, dessutom gäller samma relationer i stort sett för samtliga polisrapporterade olyckor som för svåra olyckor, det vill säga med konsekvensen döda eller svårt skadade personer.

Hypotes 3 ovan accepteras följaktligen.

För att modellen skall vara konsistent, krävdes emellertid viss handpåläggning. De ursprungliga regressionslinjerna skar varandra under vintersäsongens längd, vilket innebar att riskförhållandet mellan två väglag ”bytte plats”, t.ex. att olycksrisken vid tunn is blev lägre än den vid packad snö då andelen trafikarbete överskred ett visst värde. Detta kan bero på brister i polisens rapportering av väglaget eller att väglaget inte observerats på grund av att det mestadels förekommit nattetid. Genom att justera regressionslinjerna blev modellen konsistent, i den meningen att olyckskvoterna vid

olika is-/snöväglag alltid har samma rangordning. I nedanstående figur visas den för närvarande bästa modellen.



Figur 4 Olyckskvotens beroende av väglagens varaktighet under vintersäsongen.

Ur figur 4 kan man exempelvis utläsa, att om trafikarbetet på tunn is är en procent av det totala trafikarbetet under vintersäsongen (vilket ungefärligen svarar mot knappt två dygn), så är olyckskvoten då 34 gånger högre än olyckskvoten på torr barmark.

7.4 Olyckstyper, risker och konsekvenser

Detta avsnitt är en sammanfattning av det kompletta dokumentet (Niska, 2006), med syfte att komplettera Olycksriskmodellen med uppgifter om hur trafikolyckorna vintertid fördelar sig över olika olyckstyper vid olika vinterväglag, samt olycksrisker respektive konsekvenser för olika olyckstyper.

7.4.1 Olyckstyper

I Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS) är olyckorna kodade efter olyckstyp, som till viss del beskriver händelseförloppet för respektive olycka (se bilaga 1 i Niska, 2006). De 59 olika koder för olyckstyp som finns är grupperade i 10 huvudtyper. Nio av dessa involverar alltid minst ett motorfordon: singel-, mötes-, omkörnings-, upphinnande-, avsvängnings-, korsande-, cykel- eller moped- och fotgängarolyckor samt olyckor med klövvilt. En sista grupp, kallad varia, innefattar alla olyckor som inte passar in i de första nio huvudtyperna. I varia ingår alltså alla trafikolyckor på det statliga vägnätet där något motorfordon inte varit inblandat, exempelvis singelolyckor med cykel, samt olyckor med spårfordon och traktorredskap, etc. I Varia ingår dessutom olyckor med parkerade och backande eller vändande fordon, etc.

I den här studien har vi istället delat in de polisrapporterade olyckorna, exklusive olyckor med klövvilt, i fyra olyckstyper. Indelningen överensstämmer med huvudtyperna i VITS, men omkörningsolyckorna har här delats upp på mötesolyckor respektive upphinnande- och omkörningsolyckor utan kollision med mötande, och ett flertal olyckstyper har slagits ihop i en Övrig-grupp. De olyckstyper som analyseras i denna studie är alltså enligt följande:

1. Singelolyckor
2. Mötesolyckor; inklusive omkörningsolyckor av typen kollision med mötande (Kod 21 i VITS, se bilaga 1)
3. Upphinnande- och omkörningsolyckor utan kollision med mötande: Upphinnandeolyckor inklusive omkörningsolyckor av typen kollision med omkört eller avkörning (Kod 22 i VITS), samt omkörning specialfall (Kod 20). Denna olyckstyp kallas fortsättningsvis kortfattat för ”Upphinnandeolyckor”
4. Övriga olyckor: avsvängnings-, korsande-, cykel-/moped- och fotgängarolyckor samt varia (spårfordon, traktor, djur ej klövvilt, backning/vändning, parkering/uppställning, etc).

7.4.2 Olyckskvot

På samma sätt som tidigare har olyckskvoten, även kallad olycksrisk, beräknats för olika typer av olyckor, genom att dividera antalet olyckor med trafikarbetet i miljoner fordonskilometer. Beräkningarna av olyckskvoter är gjorda för de fyra vintrarna 1993/94, 1994/95, 1995/96 och 1996/97, eftersom trafikarbetet på respektive väglag endast är känt för dessa fyra vintrar.

Till en början analyserade vi varje driftstandardklass, olyckstyp och vintersäsong för sig, för respektive klimatzon. Ofta innebar det emellertid ett ganska osäkert dataunderlag, med få olyckor och ett litet trafikarbete. Därför slogs data samman för samtliga vintersäsonger, följt av en parvis sammanslagning av standardklasserna: A1+A2, A3+A4 respektive B1+B2. För övre norra Sverige var det motiverat att aggregera samtliga vägar i driftstandardklass A1–A4. Slutligen gjordes även en aggregering av samtliga is-/snöväglag. Naturligtvis bibehölls uppdelningen på olyckstyp och klimatzon.

7.4.3 Konsekvens

I olycksdata från VITS finns information om antalet skadade personer vid varje olyckstillfälle och hur allvarligt dessa personer skadats. På samma sätt som varje olyckstillfälle, kan också varje skadad person hänföras till ett väglag, en driftstandardklass och en klimatzon.

För att beskriva hur allvarlig en olycka är, finns olika **konsekvens**mått, exempelvis ”Skadeföljd” som anger antalet dödade och skadade personer per polisrapporterad olycka (Vägverket, 2000). I den här studien har följande konsekvensmått analyserats:

1. Allvarlighetsföljd (AF) = antalet dödade och svårt skadade per polisrapporterad olycka
2. Antal lindrigt skadade per polisrapporterad olycka (LS)
3. Andel egendomsskadeolyckor (olyckor som enbart inneburit skada av egendom, utan någon personskada) av samtliga polisrapporterade olyckor (EO).

Till döda räknas personer som avlidit inom 30 dagar efter olyckstillfället (SIKA, 2000). Svårt skadade är personer som erhållit brott, krosskada, sönderslitning, allvarlig skärskada, hjärnskakning, inre skada eller annan skada som medför intagning på sjukhus. Övriga personskador betecknas som lindriga.

Konsekvenserna beräknade vi genom att dividera antalet dödade och svårt skadade respektive lindrigt skadade med det totala antalet olyckor som rapporterats av polisen för varje olyckstyp, väglag, driftstandardklass och klimatzon under samtliga vintrar på 1990-talet (vintrarna 1990/91 t.o.m. 1998/99). Beräkning av konsekvenser och andel av respektive olyckstyp antas inte kopplade till trafikarbetet på olika väglag och därför kan fler säsonger utnyttjas än vid beräkning av olyckskvoter.

Till en början beräknade vi konsekvenser för varje olyckstyp, standardklass och vintersäsong för sig, för respektive klimatzon. Det innebar emellertid ett något skakigt dataunderlag, med få skadade personer i få olyckor. Därför slog vi samman data för samtliga vintersäsonger under hela 1990-talet, följt av en parvis aggregering av standardklasserna: A1+A2, A3+A4 respektive B1+B2. På samma vis som vid beräkningen av olycksrisker var det, för övre norra Sverige, motiverat att slå ihop samtliga vägar i driftstandardklass A1 till och med A4. Vi har beräknat konsekvenser för varje väglag för sig, och dessutom för is- och snöväglagen aggregerat.

7.4.4 Resultat

Totalt i hela Sverige, har 75 385 olyckor rapporterats till polisen under vintrarna på 1990-talet. I dessa olyckor, har sammanlagt 1 648 personer dödats, 9 022 skadats svårt och 30 596 skadats lindrigt. I genomsnitt 62 % av olyckorna var egendomsskadeolyckor, utan några skadade personer. I några fall saknas uppgift om väglag och/eller driftstandardklass och de har inte tagits med i analysen. Resultaten baseras därmed på 71 394 olyckor, 1 608 dödade, 8 868 svårt skadade och 29 986 lindrigt skadade personer. Totalt har 43 309 egendomsskadeolyckor analyserats, vilket motsvarar 61 % av de analyserade olyckorna.

7.4.5 Olyckstypernas andelar

De fyra olika olyckstypernas andelar av det totala antalet olyckor, kommer att användas i vintermodellen för att beräkna kostnaderna för olyckor på is- och snöväglag, för parvisa driftstandardklasser i varje klimatzon (se räkneexemplet i avsnitt 7.6).

Av alla vinterolyckor under 1990-talet var i genomsnitt, för samtliga väglag, standardklasser och klimatzoner, 42 % singelolyckor, 11 % mötesolyckor, 14 % upphinnandeolyckor och 33 % övriga olyckor. Så ser det, i stort sett, också ut i respektive klimatzon, men med den skillnaden att i nedre och övre norra Sverige är istället andelen mötesolyckor 15 % och andelen upphinnandeolyckor omkring 10 %. Att andelen mötesolyckor är högre i norra Sverige är kanske inte så konstigt, med tanke på att mötesfria vägar inte är lika vanliga där. Dessutom är vägarna, generellt sett, smalare i norr. I övre norra Sverige är också andelen singelolyckor lägre än andelen övriga olyckor.

Andelsfördelningen skiljer sig något för vägar i olika standardklasser, främst genom att A1+A2-vägarna har en lägre andel mötesolyckor, vilket är naturligt med tanke på att dessa vägar ofta är mötesfria. A1+A2-vägarna har även en högre andel upphinnandeolyckor än övriga vägar. Det kan, till viss del, också förklaras av att de är mötesfria, eftersom alla omkörningsolyckor då klassas som upphinnandeolyckor och inte delvis som mötesolyckor. I tabell 9 visas klimatzon mellersta Sverige som ett exempel på hur

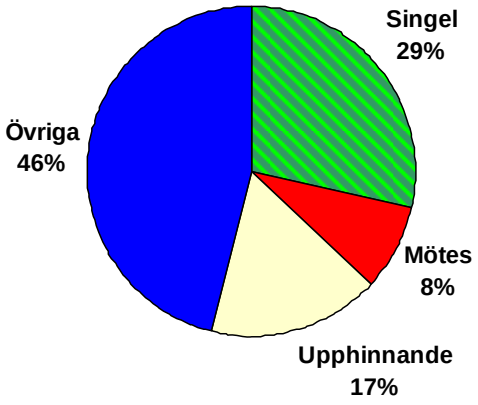
fördelningen efter olyckstyp ser ut, i procent, för olika väglag och parvisa standard-klasser.

Tabell 9 Fördelning efter olyckstyp på barmark respektive is-/snöväglag på vägar i Mellersta Sverige (i %). ”N” anger antalet olyckor.

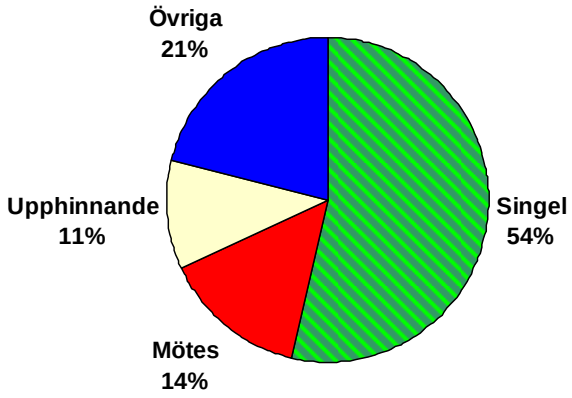
	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga	Totalt
A1+A2-vägar					
	(N=6172)	(N=833)	(N=3893)	(N=3465)	(N=14363)
Torr barmark (N=3445)	28	5	32	35	100
Fuktig/våt barmark (N=4823)	30	5	31	33	100
Is-/snöväglag (N=6095)	61	7	21	11	100
A3+A4-vägar					
	(N=6882)	(N=1997)	(N=1402)	(N=5828)	(N=16109)
Torr barmark (N=3678)	29	9	9	53	100
Fuktig/våt barmark (N=5489)	32	11	9	48	100
Is-/snöväglag (N=6942)	59	15	8	18	100
B1+B2-vägar					
	(N=2292)	(N=1159)	(N=129)	(N=1413)	(N=4993)
Torr barmark (N=1018)	36	19	2	43	100
Fuktig/våt barmark (N=1166)	40	20	3	37	100
Is-/snöväglag (N=2809)	52	26	2	19	100

En jämförelse mellan olika väglag visar tydligt att andelen singelolyckor ökar markant på is- och snöväglag. På torr barmark är knappt en tredjedel av olyckorna singelolyckor medan mer än hälften av olyckorna på is-/snöväglag är singelolyckor (se figur 5). Även mötesolyckornas andel ökar på is- och snöväglag medan upphinnande och, framförallt, övriga olyckors andel minskar, jämfört med vid torr barmark.

Torr barmark (N=15 398):

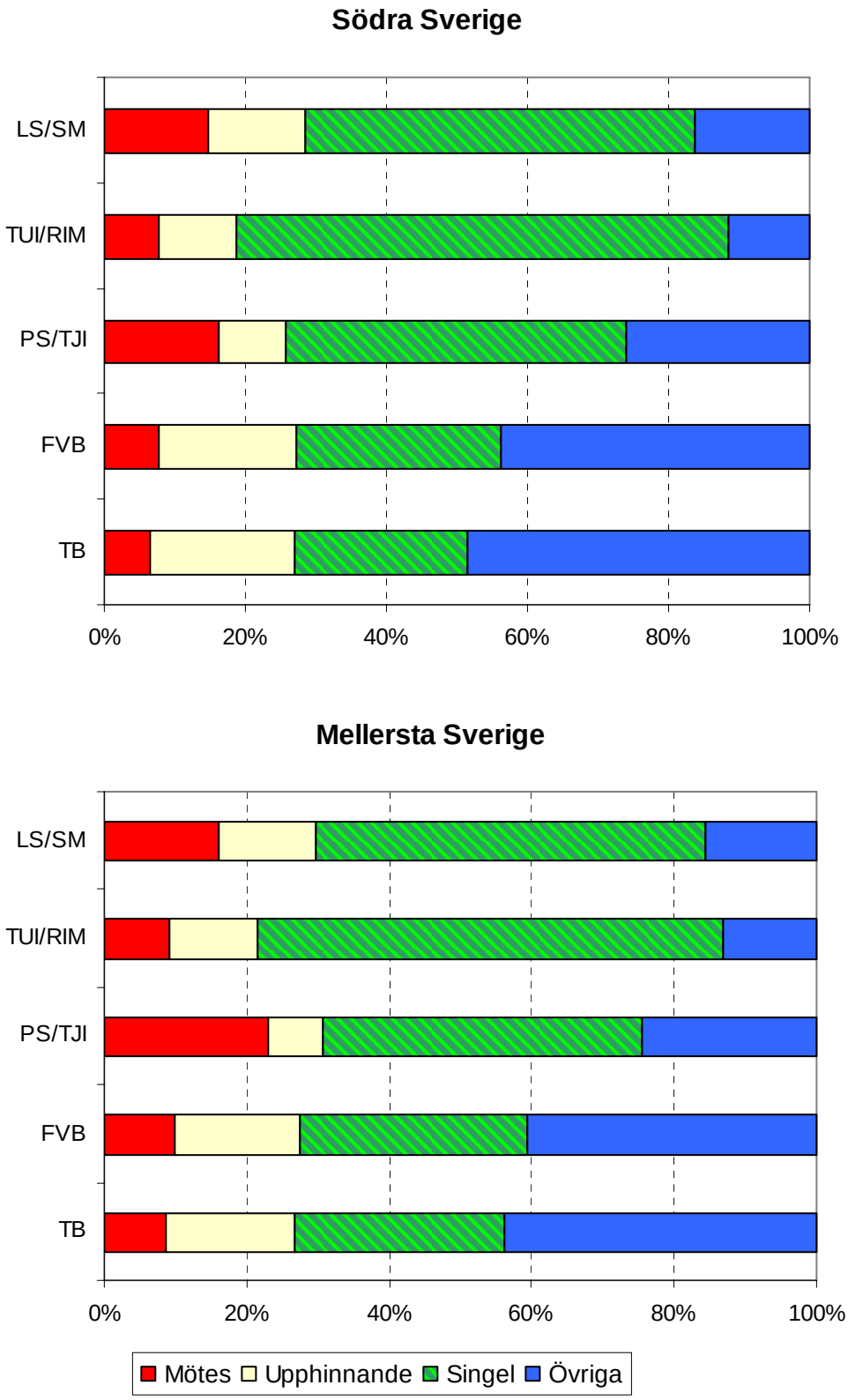


Is-/snöväglag (N=34 983):

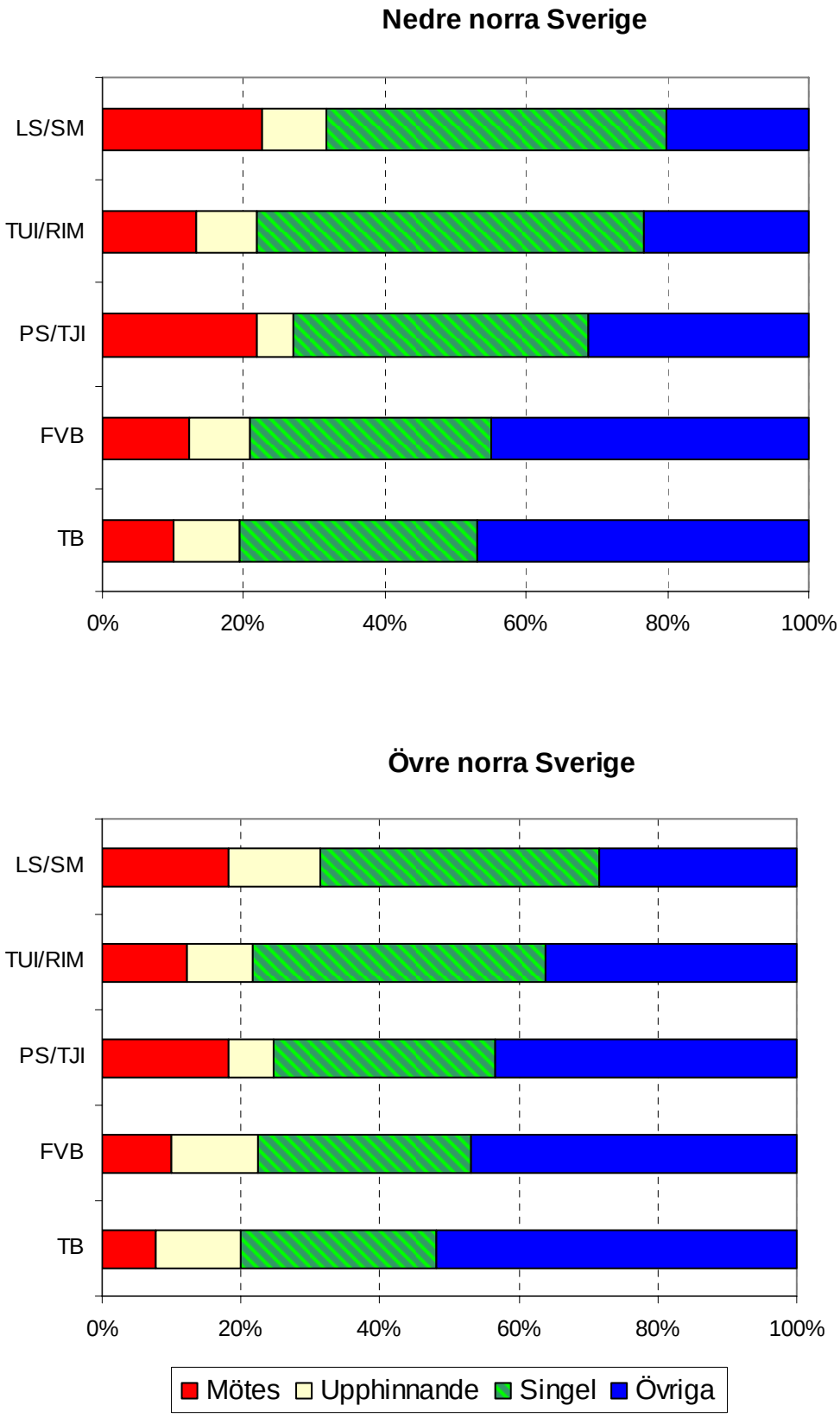


Figur 5 Fördelning efter olyckstyp av samtliga olyckor vintertid i hela Sverige under 1990-talet, för torr barmark (tv) och is-/snöväglag (th). ”N” anger totala antalet olyckor på respektive väglag.

I figur 6 och 7 redovisas fördelningen efter olyckstyp för samtliga fem väglagstyper, i respektive klimatzon. Där kan man se att det är främst packad snö/tjock is (PS/TJI) och lös snö/snömodd (LS/SM) som har en högre frekvens mötesolyckor, medan singel-olyckorna har allra störst andel på tunn is/rimfrost (TUI/RIM). I nedre och framförallt övre norra Sverige är andelsskillnaderna mellan de olika väglagen generellt sett mindre än i övriga klimatzoner.



Figur 6 Fördelning efter olyckstyp av det totala antalet olyckor vintertid under 1990-talet, på olika väglag i Södra respektive Mellersta Sverige. Genomsnitt för samtliga driftstandardklasser.



Figur 7 Fördelning efter olyckstyp av det totala antalet olyckor vintertid under 1990-talet, på olika väglag i Nedre respektive Övre norra Sverige. Genomsnitt för samtliga driftstandardklasser.

7.4.6 Olycksrisk för olika olyckstyper

Att jämföra andelarna av respektive olyckstyp för de olika väglagen, liksom vi gjorde i föregående avsnitt, är ett sätt att studera hur olycksrisken varierar för olika typer av olyckor på is- och snöväglag. Det säger dock inget om den absoluta olycksrisken, eftersom summan av andelarna alltid är 1, eller 100 %. Ett annat sätt att studera hur olycksrisken varierar och samtidigt beakta den absoluta olycksrisken, är att jämföra de beräknade olyckskvoterna, där olycksrisken är relaterad till trafikarbetet. I det här fallet bör det noteras att beräkningarna av olyckskvoterna endast baserats på data från de fyra vintrarna 1993/94 t.o.m. 1996/97, medan andelarna redovisade i föregående avsnitt baserats på olycksdata från alla vintrar under hela 1990-talet.

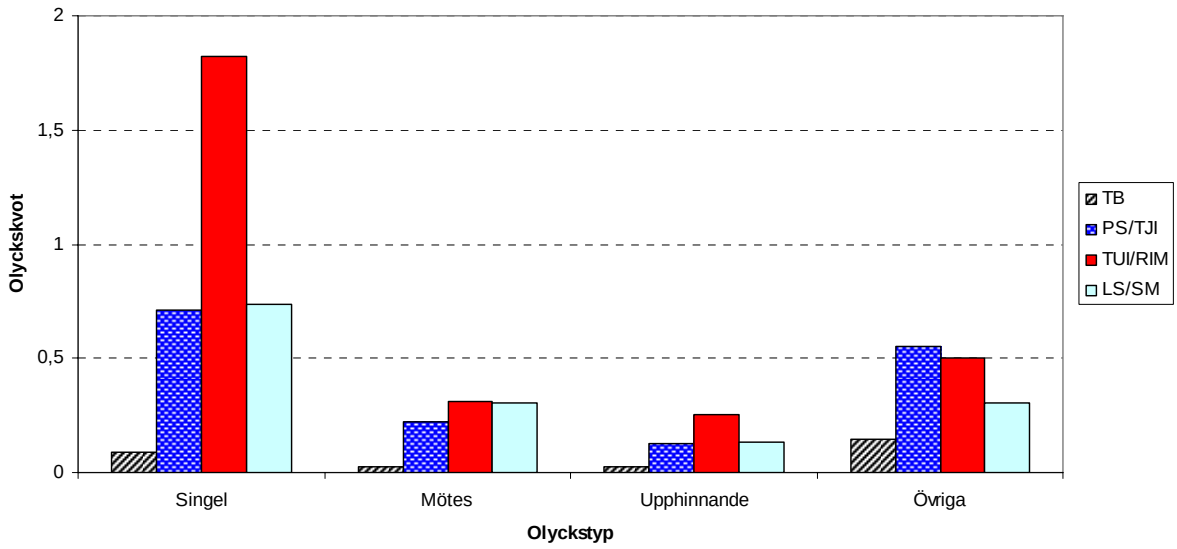
I alla klimatzoner och på alla typer av vägar, har samtliga olyckstyper en högre olycksrisk på is-/snöväglag än på torr barmark, med olyckskvoter som är från 1,8 till 45 gånger högre på is- /snöväglagen. I tabell 10 nedan visas relativa olyckskvoter för samtliga olyckor fördelat på de fyra olyckstyperna, för parvisa driftstandardklasser i klimatzon mellersta Sverige. Den relativa olyckskvoten är olyckskvoten på is-/snöväglag relativt den på torr barmark, inom varje cell i tabellen. B-vägarna har generellt sett lägre relativa olyckskvoter än A-vägarna. Liksom visats i figur 4 minskar den relativa olyckskvoten exponentiellt med ökad varaktighet av is och snö på vägen. B-vägarna har lägre trafikflöden och saltas vanligtvis inte och is- och snöväglag är betydligt vanligare på dessa vägar än på A-vägarna.

Tabell 10 Olyckskvot vid is-/snöväglag relativt torr barmark för samtliga olyckor under vintrarna 1993/94 t.o.m. 1996/97, fördelade på olika olyckstyper och drift-standardklasser i Mellersta Sverige. ”N” anger antalet registrerade olyckor för respektive olyckstyp.

Standardklass	**Singel** (N=7 704)	**Mötes** (N=1 906)	**Upphinnande** (N=2 746)	**Övriga** (N=5 204)	**Samtliga olyckor** (N=17 559)
A1+A2	45	33	15	7,1	22
A3+A4	12	13	7,1	2,8	6,9
B1+B2	4,8	5,3	4,6	1,8	3,6

Liksom andelsskillnaderna i föregående avsnitt antyder, är det mötesolyckorna och singelolyckorna som har de högsta relativa olyckskvoterna och då framförallt på A-vägarna. Det gäller även om vi enbart studerar de svåra olyckorna.

I figur 8, som följer, visas den absoluta olyckskvoten på olika is-/snöväglag jämfört med den på torr barmark på A3+A4-vägar i mellersta Sverige. Singelolyckorna har utmärkt sig genom sin markanta ökning i andel på is-/snöväglag jämfört med vid torr barmark (se figur 5). Liksom andelarna för de olika väglagen (figur 6 och 7), visar olyckskvo-terna i figur 8, att det är tunn is/rimfrost som är huvudorsaken till denna stora ökning av singelolyckor. För mötesolyckorna som också ökar på is-/snöväglag, har de andra väglagen en minst lika stor betydelse. På de mer lågtrafikerade vägarna tycks lös snö/snömodd ha störst betydelse för mötesolyckorna. Generellt verkar det som att ju längre norrut och ju lägre driftstandardklass (lägre trafikflöde), desto större betydelse har lös snö/snömodd (LS/SM) för olycksrisken. I detta sammanhang bör det påpekas att lös snö och snömodd ofta förekommer i samband med dåligt sikt och att det kan vara en bidragande orsak till den höga olycksrisken på dessa väglag.



Figur 8 Olyckskvoter för respektive olyckstyp på olika is-/snöväglag samt på torr barmark på A3+A4-vägar i Mellersta Sverige.

7.4.7 Konsekvenser

Ett urval av konsekvenser vid olika olyckstyper på torr barmark respektive is-/snöväglag i parvisa driftstandardklasser för klimatzon mellersta Sverige varje, presenteras i tabellerna 11 till 13. Allvarlighetsföljden anger antalet dödade och svårt skadade personer per polisrapporterad olycka. Antal LS/olycka anger antalet lindrigt skadade personer per polisrapporterad olycka. Andel EO, anger andelen egendomsskadeolyckor, dvs. olyckor utan några personskador, av alla olyckor som rapporterats av polisen.

Tabellvärdena kommer att användas i vintermodellen för att beräkna kostnaderna för olyckor på is- och snöväglag, genom beaktande av nedanstående faktorer:

- Relativa olyckskvoten samt olyckskvoten på torr barmark (figur 8 och tabell 5)
- Andelen av respektive olyckstyp (enligt tabell 9)
- Konsekvensen, dvs. allvarlighetsföljden, AF (enligt tabell 11 till 13)
- Olyckskostnad (kkr/olycka) = $161+1792*AF+2430*AF^2$ (enligt Vägverket, 2000).

I avsnitt 7.6 presenteras ett räkneexempel som illustrerar hur dessa faktorer multipliceras för att beräkna olyckskostnaderna i vintermodellen.

Generellt sett blir det allvarligare konsekvenser (högre värde på allvarlighetsföljden) för mötesolyckorna på is-/snöväglag jämfört med på torr barmark. För singelolyckorna blir tvärtom konsekvenserna lindrigare. För upphinnandeolyckor respektive övriga olyckor kan inga tydliga mönster uttydas i analyserna. Endast ett fåtal personer har dödats eller skadats svårt i upphinnandeolyckor, vilket är en förklaring till att det är svårt att dra några slutsatser angående allvarlighetsföljden för denna olyckstyp.

Tabell 11 Konsekvens för respektive olyckstyp på A1+A2-vägar i Mellersta Sverige på torr barmark respektive is-/snöväglag.

	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga	Samtliga olyckor
Torr barmark					
Allvarlighetsföljd	0,14	0,43	0,05	0,08	0,11
Antal LS/olycka	0,38	0,74	0,46	0,41	0,43
Andel EO	0,58	0,48	0,60	0,56	0,58
Is-/snöväglag					
Allvarlighetsföljd	0,05	0,55	0,08	0,08	0,09
Antal LS/olycka	0,38	0,80	0,47	0,42	0,40
Andel EO	0,69	0,41	0,63	0,60	0,65

Tabell 12 Konsekvens för respektive olyckstyp på A3+A4-vägar i Mellersta Sverige på torr barmark respektive is-/snöväglag.

	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga	Samtliga olyckor
Torr barmark					
Allvarlighetsföljd	0,16	0,30	0,08	0,12	0,14
Antal LS/olycka	0,35	0,38	0,43	0,40	0,39
Andel EO	0,59	0,62	0,66	0,56	0,58
Is-/snöväglag					
Allvarlighetsföljd	0,10	0,45	0,07	0,17	0,16
Antal LS/olycka	0,38	0,76	0,46	0,43	0,45
Andel EO	0,61	0,46	0,62	0,55	0,58

Tabell 13 Konsekvens för respektive olyckstyp på B1+B2-vägar i Mellersta Sverige på torr barmark respektive is-/snöväglag. Värdet markerat med asterisk (*) i tabellen har justerats, det ursprungliga värdet är angivet inom parentes.

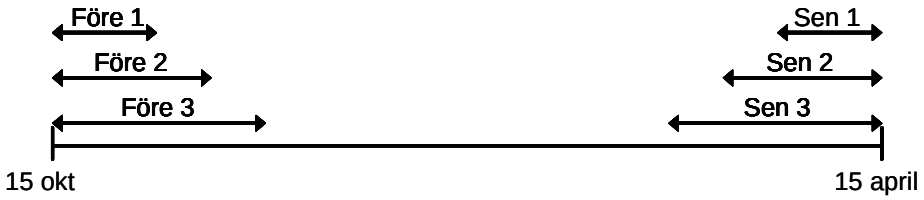
	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga	Samtliga olyckor
Torr barmark					
Allvarlighetsföljd	0,20	0,13	0,02* (0,00)	0,12	0,15
Antal LS/olycka	0,35	0,37	0,61	0,37	0,37
Andel EO	0,55	0,69	0,57	0,62	0,61
Is-/snöväglag					
Allvarlighetsföljd	0,10	0,13	0,03	0,12	0,11
Antal LS/olycka	0,39	0,51	0,48	0,34	0,42
Andel EO	0,60	0,64	0,59	0,63	0,61

7.5 Olyckskvoter under för-, hög- och senvinter

För att undersöka om förekomsten av ett is-/snöväglag utgör en högre olycksrisk i början och slutet av en vinter, i jämförelse med själva ”högvintern”, har vi jämfört olyckskvoter för olika vinterperioder under de fyra vintrarna 1993/94 t.o.m. 1996/97. Varje vinter delade vi in i tre vinterperioder: en förvinterperiod, en högvinterperiod och en senvinterperiod. Vi valde dessutom tre olika längder på före- och senvinterperioderna, två, tre respektive fyra veckor, för att undersöka periodlängdens eventuella inverkan på olyckskvoten (se figur 9). Högvinterperioden blev följaktligen fyra, sex eller åtta veckor kortare än hela vinterperioden, vars längd varierade mellan klimatzonerna:

- Södra Sverige: 15 november till 15 mars
- Mellersta Sverige 15 oktober till 15 april
- Nedre norra Sverige 1 oktober till 30 april
- Övre norra Sverige 1 oktober till 30 april

De tänkta periodgränserna kunde inte alltid hållas, på grund av sena observationsstarter eller obefintliga vinterväglag. I dessa fall fick perioderna alltså justeras. De kortaste för- respektive senvinterperioderna har vi kallat före 1 respektive sen 1, osv. (se figur 9).

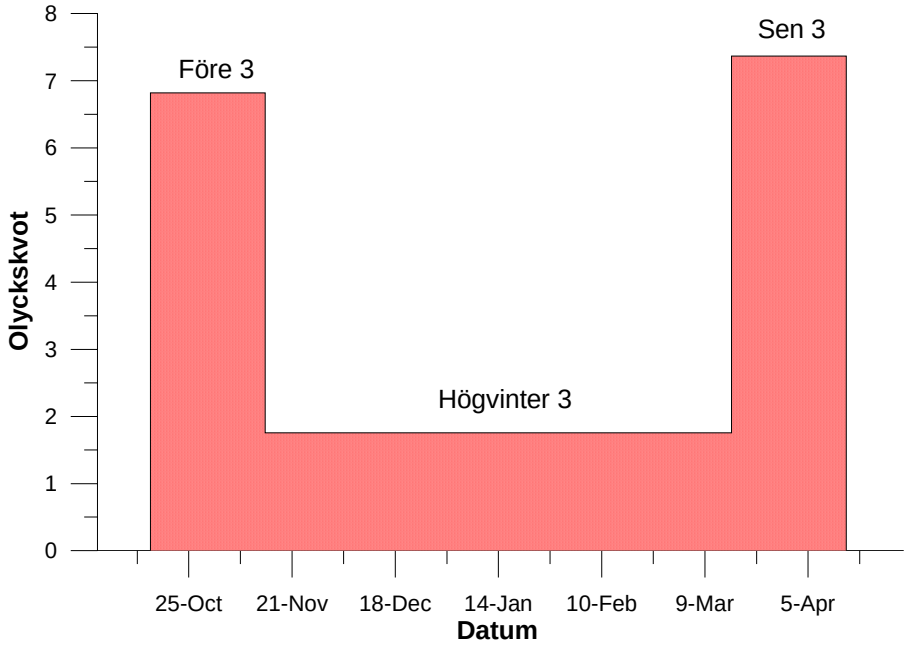


Figur 9 Indelning av vintern i olika långa för- hög- och senperioder.

Indelning av en vinter i klimatzon mellersta Sverige i olika vinterperioder

Till en början analyserade vi varje vintersäsong och driftstandardklass för sig, för respektive klimatzon och vinterperiod. Ofta innebar det emellertid ett ganska osäkert dataunderlag, med få olyckor och ett litet trafikarbete. Därför slogs data samman för samtliga vintersäsonger, följt av en parvis sammanslagning av standardklasserna: A1+A2, A3+A4 respektive B1+B2. Slutligen gjordes även en aggregering av samtliga is-/snöväglag. Naturligtvis bibehölls uppdelningen på klimatzon och vinterperiod. En fördel med att aggregera data på detta sätt, är att olyckskvoter för fler vinterperioder kan beräknas. Om is-/snöväglagen betraktas var för sig, kan i vissa fall ingen olyckskvot beräknas, eftersom motsvarande väglag inte observerats under aktuell vinterperiod.

I figur 10 presenteras ett exempel på hur olyckskvoten på is-/snöväglag varierar mellan olika vinterperioder. I exemplet jämförs de aggregerade olyckskvoterna, för alla typer av is-/snöväglag (PS/TJI, TUI/RIM och LS/SM) och för alla vintersäsonger (1993/94 t.o.m. 1996/97) under före- och senvinterperiod 3 med motsvarande högvinterperiod (3), för A3+A4-vägar i mellersta Sverige.



Figur 10 Olyckskvoter för is-/snöväglag under olika vinterperioder på A3+A4-vägar i mellersta Sverige.

Slutsatserna från denna delstudie kan sammanfattas enligt följande:

- För- och senvinterperiodernas olyckskvoter på is-/snöväglag är generellt högre än olyckskvoten för motsvarande högvinterperiod
- I många fall gäller även att olyckskvoten på is-/snöväglag är högre ju kortare för- respektive senvinterperioden är, vilket kan antagas motsvaras av en kortare tid med det väglaget
- Ovanstående samband är tydligast för vägar i driftstandardklass B1+B2
- Senvinterperioderna har ofta en högre olyckskvot än motsvarande för-vinterperioder.

7.6 Olyckskostnader – räkneexempel

I detta kapitel ges ett räkneexempel, för att illustrera hur konsekvenserna, andelarna av respektive olyckstyp och andra resultat inom olycksriskmodellen kommer att användas för att beräkna olyckskostnaderna i vintermodellen.

I detta exempel beräknas kostnaderna för mötesolyckor på is-/snöväglag på A3+A4-vägar i klimatzon mellersta Sverige. Samtliga olycksriskberäkningar i vintermodellen görs för alla is-/snöväglag aggregerat och för parvisa driftstandardklasser.

Enligt Vägverket (2000), kan olyckskostnaden per olycka beräknas enligt följande formel:

Olyckskostnad = 161+1 792*AF+2 430*AF^2 (kkr/olycka)

Ur tabell 12, fås att allvarlighetsföljden för mötesolyckor på is-/snöväglag på A3+A4-vägar i mellersta Sverige = 0,45.

Det innebär att olyckskostnaden är: 161+1 792*0,45+2 430*$0,45^2$ = 1 460 kkr/olycka.

För att beräkna hur många mötesolyckor det blir på A3+A4-vägar i mellersta Sverige under en vinter, behöver vi veta hur stor andel av det totala trafikarbetet som görs på is/snöväglag den vintern, vilken relativ olyckskvot som motsvaras av det trafikarbetet, olyckskvoten på torr barmark samt andelen mötesolyckor av det totala antalet olyckor på is-/snöväglag.

Andelen av trafikarbetet på respektive is-/snöväglag kommer i vintermodellen att beräknas med hjälp av väglagsmodellen (se kapitel 5), utifrån de väderdata och de trafikdata som gäller för det år man önskar beräkna olyckskostnaderna för. I detta exempel har vi valt vintern 1996/97 för vilken vi känner väglagsfördelningarna, tack vare utförda väglagsobservationer.

För A3+A4-vägar i klimatzon mellersta Sverige var trafikarbetet på is-/snöväglagen vintern 1996/97 enligt tabell 14 nedan. Genom att dividera med det totala trafikarbetet fås andelen trafikarbete på respektive is-/snöväglag. I tabellen redovisas även relativa olyckskvoter samt de beräknade antalet olyckor för respektive is-/snöväglag. De relativa olyckskvoterna har erhållits ur figur 4, genom att avläsa på kurvorna vilken olyckskvot som motsvaras av andelen trafikarbete på respektive is-/snöväglag.

Tabell 14 Data för beräkning av olyckskostnaderna för A3+A4-vägar i mellersta Sverige, vintern 1996/97.

Väglag	**Trafikarbete [Mfkm]**	**Andel trafikarbete**	**Relativ olyckskvot**	**Antal olyckor**
PS/TJI	68,5	0,016	7	129
TUI/RIM	163,5	0,039	10	441
LS/SM	216,5	0,052	5	292
Tot. alla väglag	4 184,5			
			Totalt antal olyckor:	**863**

Antalet olyckor för respektive väglag har beräknats genom att multiplicera trafikarbetet med den relativa olyckskvoten samt olyckskvoten på torr barmark. Enligt tabell 5, är olyckskvoten på torr barmark för A3-vägar i mellersta Sverige 0,27. (Trafikarbetet på A4-vägar var försumbart i förhållande till det på A3-vägar för denna klimatzon, under vintern 1996/97 och därmed väljs faktorn för A3-vägar istället för den för A4-vägar.) Det innebär att på exempelvis PS/TJI blir antalet olyckor

= 68,5 * 7 * 0,27 = 129 st.

Det totala antalet olyckor på is-/snöväglag på A3+A4-vägar i mellersta Sverige för vintern 1996/97 blir därmed 863 st. Enligt tabell 9 är andelen mötesolyckor av det totala antalet olyckor på is-/snöväglag på A3+A4-vägar i mellersta Sverige = 15 %.

Det innebär att den totala kostnaden för mötesolyckor på is-/snöväglag på A3+A4-vägar i klimatzon mellersta Sverige blir:

1 460 * 0,15 * 863 = 189 miljoner kr.

7.7 Slutsatser och fortsatt FOU

De åtta hypoteser som formulerats i avsnitt 7.1 accepteras alla:

1. Olyckskvoten på barmark är lägre, ju högre driftstandard vägnätet har
2. För samma väglag i samma driftstandardklass är olyckskvoterna olika i olika klimatzoner
3. Olyckskvoten på olika is-/snöväglag är beroende av hur stor andel av vinterns trafikarbete som utförs på respektive väglag; olyckskvoten ökar med minskande andel trafikarbete
4. Olyckskvoten på is-/snöväglag är högre ju högre driftstandard vägnätet har
5. Olyckskvoten på is-/snöväglag är högre under för- och senvintern än under högvinterperioden
6. Olyckskvoten på is-/snöväglag är högre ju kortare tid det väglaget förekommit
7. Olyckornas fördelning över de fyra olyckstyperna varierar med väglaget
8. Konsekvenserna för olyckstyperna varierar med väglaget.

När olycksdata delas ner efter väglag, olyckstyp och konsekvens blir beräkningsgrunden ibland bräcklig och som en följd av detta förekommer resultat i tabellerna som strider mot hypoteserna. För att tabellerna skall kunna fungera som konsistenta grunddata i Vintermodellen, måste motsägelserna elimineras och värdena jämnas ut i tabellerna med ingenjörsmässiga metoder, i samråd med Vägverkets experter.

I huvudsak finns nu allt underlag för alla olycksanalyser i Vintermodellen. Naturligtvis måste nya rön implementeras, t.ex. trender när det gäller svåra olyckor (med dödade eller svårt skadade personer) som en följd av arbetet med nollvisionen.

Det skulle också vara av intresse att studera singelolyckor och ”övriga olyckor” för att utröna huruvida de stora skillnaderna i andelar för dessa olyckstyper på olika väglag stämmer överens med verkligheten. Skillnaderna kanske förklaras av systematiska skillnader vid olycksrapporteringen. Vid is-/snöväglag kanske förare, och därmed också polisen, anger att det var det hala väglaget som orsakat singelolyckan. Vid torr barmark däremot, förklaras kanske en del avkörningar av att föraren varit tvungen att väja för ett djur (ej klövvilt) och då klassas denna olycka som en ”övrig olycka” istället för som en singelolycka. (I STRADA däremot klassas en sådan olycka numera som en singel-olycka.) Om det är så, att en lägre andel olyckor med djur finns registrerade då det är is-/snöväglag, kan det indikera en systematisk skillnad i olycksrapporteringen, eftersom det inte är troligt att djurens förekomst vintertid påverkas av väglaget.

Det skulle även vara värdefullt att undersöka hur stor andel av olyckorna – framför allt rörande singelolyckorna – på is-/snöväglag som skett nattetid. Då skulle man kunna utreda om den beräknade olyckskvoten innefattar något systematiskt fel, i och med att inga väglagsobservationer skett nattetid.

7.8 Referenser och litteratur

Andersson, K: **Kemisk halkbekämpning. Effekt på trafikolyckor.** VTI rapport 145. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1978.

Bergström, A: **Tema Vintermodell – Olycksrisker under för-, hög och senvinter.** VTI notat 19-2003. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 2003.

Brüde, U. & Larsson, J: **Samband vintertid mellan väder–väglag–trafikolyckor. Bestämning av väderleksklasser.** VTI meddelande 198. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1980-1.

Brüde, U. & Larsson, J: **Samband vintertid mellan väder–väglag–trafikolyckor. Statistisk bearbetning och analys.** VTI rapport 210. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1980-2.

Eisenberg, D: **The mixed effects of precipitation on traffic crashes.** School of Public Health, UC-Berkeley. 2003.

Johansson, Ö: **Något om förlopp och krockvinklar vid mötesolyckor med dödlig utgång på vinterväglag samt jämförelser med dito på barmarksväglag**. Vägverket, Ssat. PM 2003-12-30. Borlänge. 2003.

Möller, S. & Wretling, P: **Beräkning av väglagsfördelningar för vintrarna 1993/94–1996/97.** VTI meddelande 848. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1998.

Möller, S: **Tema vintermodell. Väglagsmodellen**. Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI rapport 529. Linköping. 2006.

Nilsson, G: **Olyckskvot som trafiksäkerhetsmått. Olyckskvotens variation under olika väglags- och ljusförhållanden.** VTI rapport 73. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1976.

Niska, A:**Tema Vintermodell. Olycksrisker och konsekvenser för olika olyckstyper på is- och snöväglag.** VTI rapport 556. Linköping. 2006.

Schandersson, R: **Samband mellan trafikolyckor, väglag och vinterväghållningsåtgärder. En studie av olycksrisker vid olika is- och snöväglag baserad på försäkringsanmälningar.** VTI meddelande 496. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1986.

Schandersson, R: **Samband mellan trafikolyckor, väglag och vinterväghållningsåtgärder. Olycksrisker vid olika mängd snönederbörd.** VTI meddelande 514. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1988.

Schandersson, R: **Trafikens veckodagsvariation under året. En sammanställning grundad på Vägverkets trafikmätningar 1978–83.** VTI Notat T73. Statens väg- och trafikinstitut. Linköping. 1989.

SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys: **Vägtrafikskador 1999**. SIKA Statistik 2000:7. Stockholm. 2000.

Vägverket: **Allmän teknisk beskrivning av driftstandard. DRIFT 96.** Vägverket. Publikation 1996:16. Borlänge. 1996.

Vägverket: **Effektsamband 2000. Nybyggnads och förbättringsåtgärder**. Vägverket. Publikation 2000:116. Borlänge. 2000.

Wallman, C-G. & Wretling, P. & Öberg, G: **Effekter av vinterväghållning. State-of-the-Art.** VTI rapport 423. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1997.

Wallman, C-G: **Olycksrisker vid olika väglag vintern 1996/97.** VTI notat 36-1999. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1999.

Wallman, C-G: **Tema Vintermodell – Olycksrisker vid olika vinterväglag.** VTI notat 60-2001. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 2001.

Wallman, C-G: **The Winter Model: A Winter Maintenance Management System.** Artikel godkänd för presentation vid TRB Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology, 7–9 juni 2004, Spokane, Washington.

Wallman, C-G: **Mätning av fordonshastighet och flöde vid olika väglag.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI meddelande 953. Linköping. 2005.

Öberg, G: **Friktion och reshastighet på vägar med olika vinterväghållning**. Statens väg- och trafikinstitut. VTI rapport 218. Linköping. 1981.

8 Fordonskostnadsmodellen

Denna modell omfattar för närvarande modeller för bränsleförbrukning och korrosion.

8.1 Bränsleförbrukningsmodellen

Bränsleförbrukningen modelleras för personbilar, lastbilar utan släp samt lastbilar med släp. Utgångspunkten är modeller för bränsleförbrukningen vid torr barmark. Dessa modeller har konstruerats som rätlinjiga approximationer av tabellerade EVA-data för siktklass 2 och fordonskategori B ur Effektsamband 2000. Modellerna redovisas nedan.

q: bränsleförbrukning l/10 km, v: fordonshastighet km/h

Personbilar (PB):

$$q = 0{,}0033 \times v + 0{,}44$$

Lastbilar utan släp (LBU):

$$q = 0{,}0153 \times v + 0{,}38$$

Lastbilar med släp (LBS):

$$q = 0{,}040 \times v + 1{,}30$$

Sambanden antas gälla för de hastigheter som genereras i modellen. Vare sig extremt låga eller höga hastigheter kan förekomma.

De beräknade bränsleförbrukningarna på torr barmark skall sedan korrigeras med hänsyn till hur olika väglag inverkar på rullmotståndet. Korrektionerna utgörs i modellen av multiplikatorer, olika för olika väglag och fordonskategorier. För detta ändamål har data från flera källor sammanjämkats: Vehicle Fuel Consumption on Different Types of Wearing Courses (Sävenhed, 1986), Energiförbrukning för fordonstrafik och väghållare i tätorter (Wallman, 1985), Effektberäkningar till Lathunden, Effekter av intervägh̊allning (Wallman, Wretling, Öberg, 1997), Veggrepsprosjektet (Vegdirektoratet, 1996) och Fordonskostnader och avgasemissioner för vägplanering (EVA) (Hammarström, Karlsson, 1994). Här har svårigheterna varit ganska stora med att generalisera data; studiernas omfattning är oftast mycket begränsade och behäftade med stora osäkerheter, vilket avspeglas i stora variationer. Därför har antalet nivåer schablonmässigt begränsats till åtta stycken, vilket framgår av tabell 15.

Tabell 15 Korrektionsfaktorer för bränsleförbrukning. Grundvärde för personbilar multipliceras med dubbfaktorn, t.ex. VB + dubb = 1,09x1,02.

	PB	LBU	LBS	Dubb
TB	1	1	1	1,02
FB	1,01	1,01	1,01	1,02
VB	1,09	1,07	1,04	1,02
PS/TJI	1,01	1,01	1,01	1
TUI/RIM	1,01	1,01	1,01	1,02
LS/SM	1,12	1,1	1,07	1

8.2 Korrosionsmodellen

8.2.1 Bakgrund

Bilrosten är ett problem som berör de flesta bilägare. Den totala karosserikorrosionen på bilar i Sverige kostade uppskattningsvis 10 miljarder kronor under 1989 och vägsaltet orsakar minst hälften av korrosionsskadorna

Nya korrosionsproblem dyker upp i takt med teknikens och samhällets utveckling och det senaste är att även elektroniska apparater drabbas. Miljön på gator och vägar är starkt förorenad och kemiskt mycket aggressiv. Detta gör korrosionen till ett svårlöst problem. Problemet beskrivs mer ingående i en kunskapssammanställning av Öberg, 2006.

8.2.2 Syfte

Saltning medför ökad korrosion på fordonen. Delprojektet syftar till att:

- Bedöma intervägsaltningens bidrag till fordonskorrosion:
  - På karosseriplåt
  - På elektronik
- Värdera kostnaderna för denna korrosion
- Ge förslag på korrosionsmodell i vintermodellen.

8.2.3 Karosseriplåt

Vägsaltet orsakar snabbare nedbrytning av rostskyddsmedel och förbättringslack medan fabrikslackering endast påverkas av vägsaltet i liten omfattning.

I försök med osaltade vägar värderades alla effekter monetärt för att kunna väga samman för- och nackdelar.

Värdeminskningen som skylls på korrosion baseras på ändrade kapitalkostnader. Om fordonens genomsnittliga livslängd ökar om korrosionen upphör kommer den årliga kapitalkostnaden i bilparken att reduceras. Kapitalkostnaden består av ränta och avskrivningar.

$$K = \frac{P}{L} + \frac{P \cdot r}{2}$$

K=kapitalkostnader kr/år
P=nybilspris kr
L=genomsnittlig livslängd
r=ränta

Genom diskussioner med experter kom man fram till att om man slutar salta kommer bilarnas livslängd att öka med 25 %. Kostnader för korrosion på grund av vintersaltning beräknades därmed 1985 till 1,7 miljarder kronor eller 12 öre per fordonskilometer.

Bilrosten är ett problem som berör de flesta bilägare. För att minska kostnaderna för fordonsrosten har man bl.a. utvecklat färgsystem, bestående av flera färgskikt som skyddar karossen, och rostskyddsmedel som sprutas in i karossens hålrum. Bromsrör och avgassystem tillverkas numera av härdigare material osv. Detta har gjort att kostnaderna för bilrosten har minskat med 20 % mellan 1982 och 1987. Korrosionen på bilar i Sverige kostade uppskattningsvis 10 miljarder kronor under 1989. Senare undersökningar visar också på hur korrosionshärdigheten förändras med åren. Bland annat anges att korrosionshärdigheten efter fyra års brukstid har förbättrats från årsmodell 1992 till årsmodell 1996. Korrosionshärdigheten i plåtomvikningar hos 1998–2001 års modeller är efter tre till sex års brukstid ungefär densamma som för 1994–1997 års modeller efter samma brukstid. Det förefaller därför som om korrosionshärdigheten blivit bättre under 80-talet och till mitten av 90-talet men att korrosionshärdigheten därefter varit ungefär densamma då några år gamla fordon från respektive årsmodell undersökts.

Om vi antar att den totala förbättringen är 20 % från 1985 till 2005 innebär det knappt 10 öre per fordonskilometer. Om detta räknas upp med KPI för denna period det vill säga 1,8 gånger erhålles en kostnad på 17,5 öre per fordonskilometer. Med 72 miljarder fordonskilometer per år varav 35 % uträttas under vintern (5 månader) och att även de som då och då kör på saltade vägar påverkas, sätts att 90 % av vintertrafikarbetet påverkas av saltet, dvs. 72 x 0,35 x 0,90 x 0,175, blir det cirka 4 miljarder kronor per vinter i kostnad för korrosion beroende av vintervägsaltning eller 1 000 kr per fordon och år. Ovanstående kilometerkostnad kan också vara kostnaden vid en utökad saltning då varje nytt fordon som inte tidigare kört på saltad väg får en korrosionskostnad på 17,5 öre per km.

8.2.4 Elektronik

Nya korrosionsproblem dyker upp i takt med teknikens och samhällets utveckling. För den som är van att förknippa korrosion med sönderrostade bilar är det kanske en ovan tanke att även elektroniska apparater drabbas. Visserligen kan det mesta av elektroniken skyddas genom att man kapslar in den, men vid kontakterna som förbinder kretsarna med yttervärlden är det fritt fram för påverkan. Undersökningar har visat att redan mycket tunna skikt av korrosionsprodukter på dessa kontakter kan störa förmågan att leda ström.

Elektronisk utrustning används ofta för att styra andra tekniska anordningar t.ex. i bilar. Man måste därför ställa stora krav på att elektroniken är driftsäker. Redan idag är det vanligt med elektronik i bilarna och i framtiden blir det allt vanligare. Miljön på gator och vägar är starkt förorenad och kemiskt mycket aggressiv. Detta gör korrosionen till ett svårlöst problem.

Problemet med kapsling av elektronik är att de flesta kapslingsmaterial släpper in fukt på ett eller annat sätt, vilket då ger upphov till korrosion. Saltet går nog att komma undan genom kapsling men fukten är svårare. Eftersom saltet medför en fuktig miljö är det troligt att det leder till ökad korrosion men detta bör givetvis undersökas.

Två olika scenarier antages om korrosionskostnad på elektronik. Dels att saltet inte har någon inverkan, dels att räkna med samma kostnad som för korrosion på karosseriplåt dvs. i det första fallet ingen kostnad och i det andra fallet en ökad kostnad med 4 miljarder kronor. Om medelvärdet av dessa antaganden får gälla tills vidare blir kostnaden per fordon och år 500 kr för korrosion på elektronik. Detta kan omräknas till

en kilometerkostnad såsom gjorts under ”karosseriplåt” och avse kostnaden vid en utökad saltning då varje nytt fordon som inte tidigare kört på saltad väg får en korrosionskostnad på 8,75 öre per km.

8.2.5 Modellansats

Vid **smärre förändringar** i saltningsstrategi (någon väg mer eller mindre respektive något mindre eller större giva) blir skillnaden i korrosionskostnad liten. Här anges ingen skillnad i kostnad men detta kan modifieras i senare etapper. Det är ändå viktigt att ha med de totala kostnaderna och därför ansätts nedanstående enkla modell för den totala korrosionskostnaden för vägsalt till 1 000 kr per fordon och år för karosseri och 500 kr per fordon och år elektronik. Totalt: 1 500 kr per fordon och år.

Vid **större förändringar** i saltstrategin kan trafikarbetet förändras. Om t.ex. saltning utökas får varje nytt fordon som inte tidigare kört på saltad väg en korrosionskostnad på 17,5+8,75 öre per km för karosseriplåt respektive elektronik. Om förändringen i saltstrategi gör att fordon inte längre kör på saltade vägar så blir besparingen då 17,5+8,75 öre per km. Denna modell kan användas även för smärre förändringar men då antas samma trafikarbete före och efter förändringen.

Se även avsnitt 8.2.6 om Fortsatt FoU med förslag till förbättringar av modellen.

8.2.6 Fortsatt FOU

En litteraturstudie genomfördes 1994 och redovisades i VTI rapport 423 från 1997. Valda delar därifrån redovisas även i denna rapport. I det i denna rapport redovisade projekt gjordes en litteratursökning 2002 och en ny gjordes i början av hösten 2005. Den sistnämnda hade fokus på elektronik medan den förstnämnda mest behandlade korrosion på karosseriplåt. De rapporter/artiklar som erhölls 2005 visade på att korrosion på kontakter kan leda till allvarliga brister i funktionen. Eftersom elektronik styr mer och mer av bilens funktioner är det viktigt att komma till rätta med detta. Rapporterna angav dock bara att väg-/gatuutrymmet är en aggressiv miljö men hur stort bidraget är från salt framgår inte. Ytterligare undersökningar om korrosion relaterad till elektroniken behövs.

Det bör även behandlas mer ingående hur resmönstret med mera ser ut. Hur stor andel kör dagligen på saltade vägar? Tvättar man fordonet olika ofta beroende på hur ofta man kör på saltade vägar? Följer korrosionen på elektronik samma mönster som korrosion på karosseriplåt med avseende på ovanstående frågor?

Svaren på dessa frågor ger en bättre grund för koppling mellan korrosionskostnader och insatser/strategier för vintervägh̊llning och därmed en ny modell till Vintermodellen.

8.3 Referenser och litteratur

Bränsleförbrukning

Hammarström, U. & Karlsson, B: **Fordonskostnader och avgasemissioner för vägplanering (EVA).** Statens väg- och transportforskningsinstitut. Notat T150. Linköping. 1994.

Möller, S: **Underlagsmaterial till "Lathunden". Beräkning av väglag i olika klimatzoner och driftstandardklasser.** Statens väg- och transportforsknings-institut. Notat 70-1996. Linköping. 1996.

Veglaboratoriet: **Veg-grepsprosjektet. Delprosjekt 5.15: Samfunnsøkonomiske konsekvenser. Dokumentasjon av beregningsmodell.** Statens vegvesen. Vegdirektoratet. Intern rapport nr. 1918. Oslo. 1996.

Vägverket: **Allmän teknisk beskrivning av driftstandard. DRIFT 96.** Vägverket. Publikation 1996:16. Borlänge. 1996.

Vägverket: **Effektsamband 2000. Nybyggnads- och förbättringsåtgärder. Effektkatalog.** Vägverket. Publikation 2000:116. Preliminär utgåva. Borlänge. 2000.

Wallman, C-G: **Effektberäkningar till "Lathunden". Hastighetsreduktioner och bränsleförbrukning vid olika väglag.** Statens väg- och transport-forskningsinstitut. Notat 71-1996. Linköping. 1996.

Wallman, C-G. & Wretling, P. & Öberg, G: **Effekter av vintervägh**å**llning. State-of-the-Art.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI rapport 423. Linköping. 1997.

Wretling, P. & Öberg, G: **Effekt på väglag och hastighet av osaltad vintervägh**å**llning och sänkt hastighetsgräns**. Statens väg- och transportforsknings-institut. VTI meddelande 826. Linköping. 1997.

Korrosion

Eriksson, Peter; Carlsson, Bo och Odnevall Wallinder, Inger. **Design of Accelerated Corrosion Tests for Electronic Components in Automotive Applications.** IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS AND PACKING TECHNOLOGIES, VOL. 24, NO. 1, MARCH 2001.

Frenker, Clarence & Olsson, Caroline. **Här självantänder Micaels bil** och **Peugeot skyller på rost, fukt och salt.** Aftonbladet, 15 juni 2005.

Gabrielsson, Gunnar. **Nyare bilar rostar som aldrig förr.** Östgöta Correspondenten, 2 maj 2006.

Hedlund, Staffan och Rendahl, Bo. **Projektet MINSALT. Vägsaltningens inverkan på bilkorrosion.** Korrosionsinstitutets uppdragsprotokoll 53 102/4, 1990.

Hedlund, Staffan. **Vägsaltningens inverkan på bilkorrosion. Uppföljning av projektet ”MINSALT Gotland”.** Korrosionsinstitutet, KI Rapport 1995:4.

Jutengren, Kurt **Vägsalt och Bilkorrosion. Sammanfattande värdering av undersökningar utförda vintersäsongerna 79/80, 80/81 och 81/82.** Statens Provningsanstalt, Teknisk rapport 1983:16.

Jutengren, Kurt. **Vägmiljöns korrosivitet och dess beroende av vägsaltning.** Statens Provningsanstalt, Ytskydd och korrosion, Teknisk rapport, SP-RAPP 1986:14

Jutengren, Kurt. **Försök med osaltade vägar och gator på Gotland. Korrosionsstudier genom mobil och stationär exponering av provkroppar.**

Statens Provningsanstalt, Ytskydd och korrosion, SP rapport 1989:19.

Konsumentverket: **Bilistenkät.** Stockholm 1995.

Land, Per-Gunnar: **FoU som kan innebära minskad korrosion.** Vägverket PP-meddelande nr 30, 1984-02.

Mattsson, Einar: **Korrosionsskador på personbilar.** PM 1984 repektive 1988.

Mattsson, Einar: **Korrosion för miljarder. Broar rostar sönder och datorer slås ut.** Forskning och Framsteg 1/90.

Nygårdhs, Sara: **Vägbelysning. En litteraturstudie.** VTI rapport 535. Linköping. 2006.

Odnevall Wallinder, I. & Eriksson, P: **Characterization of the Corrosivityof an Automobile Environment.** 19th International Conference on Electric Contact Phenomena. 14–17 September, 1998, Nuremberg, Germany.

Odnevall Wallinder, Inger, KTH. E-maildiskussion.

Ragnøy, Arild: **Bilkorrosjon, omfang og kostnader. Litteraturstudie.** Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, Intern rapport nr 1919,1996.

Rendahl, Bo: **Undersökning av rostskador på bilar av årsmodell 1994–1997**.

Korrosionsinstitutet, KI-Rapport 2001:8.

Rendahl, Bo: **Hur mycket rostar våra vanligaste bilmodeller?**

Nordisk Korrosion nr 1, 2005, Korrosionsinstitutet.

Råd & Rön: **Bilar repareras för 12 miljarder varje år.** Råd & Rön 6–7/88, Stockholm, 1988.

Svenska Kommunförbundet: FoU-gruppen för gator och trafik: **Rostskador på belysningsstolpar: Slutrapport etapp 1**. Rapport 10. Stockholm. 1987.

Thurmann-Moe, T: **Rustdannelse på biler.**meddelande 44. Veglaboratoriet 1973.

Wallman, Carl-Gustaf, Wretling, Peter & Öberg, Gudrun: **Effekter av vinterväghållning. State-of-the-Art.** Statens Väg- och Transportforskningsinstitut, VTI-rapport 423, Linköping. 1997.

Wasén, Håkan: **Ny utvärderingsmetod ger bättre krocksäkerhet. Rostfaror kan avslöjas.** Östgöta Correspondenten, 19 mars, 2004.

Wennerberg, Boo: **Prius skadad av vit rost.** Vi bilägare nr 2, 2006.

Öberg, Gudrun et al.: **Försök med osaltade vägar. Huvudrapport** Statens väg- och trafikinstitut. VTI-rapport 282. Linköping. 1985.

Öberg, Gudrun, Gustafson, Kent & Axelson, Lennart: **Effektivare halkbekämpning med mindre salt. MINSALT – projektets huvudrapport.** VTI rapport 369. Linköping. 1991.

Öberg, Gudrun, Nilsson Jan-Erik & Wiklund, Mats: **Granskning av Vägverkets och Banverkets förslag till drift och underhållsstrategier.** Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI-rapport 492. Linköping. 2003

Öberg, Gudrun: **Tema Vintermodell – Korrosion beroende på vintervägsaltning. Kunskapssammanställning.** Statens väg- och transportforskningsinstitut, VTI notat 24-2006. Linköping. 2006.

www.konsumentverket.se. Konsumentverkets hemsida om antirostkodex.

9 Miljömodellen

9.1 Inledning och avgränsning för delmodell miljö

De transportpolitiska målen ställer tillsammans med Väglagen krav på att transportsystemet hålls tillgängligt även på vintern. Medborgarnas och näringslivets grundläggande transportbehov måste tillgodoses och transportkvaliteten ska vara hög och ingen ska heller behöva dödas eller skadas allvarligt till följd av trafikolyckor. Vägverkets regelverk för vinterväghållning (Drift 96, Vinter 2003) föreskriver att natriumklorid används i halkbekämpningssyfte. Dessvärre stannar inte saltet kvar på vägen där det har sina önskvärda egenskaper, utan genom trafikens framfart förs det, med eller utan snöslask, bort från vägen i form av stänk eller spray, i plogmassor eller helt enkelt genom att i form av lösning rinna av vägen. Detta leder till att vägens omgivning kommer att exponeras för salt. Något som alltså måste fångas av en modell med ambitionen att kunna beskriva vinterväghållningens eventuella effekter på vägnätets omgivande miljökomponenter.

Avgränsningen för Tema Vintermodell är att modellen ska gälla för en ”typväg” som motsvaras av en tvåfältig väg med mötande trafik under landsbygdsförhållanden. Miljömodellen har dessutom avgränsats så att miljöeffekterna rör typfall av skadeuppkomst på vegetation samt försaltning av grundvatten. Man ska dock komma ihåg att det även är flera av de övriga delarna i den totala modellen som också kan ha bäring på miljöeffekter, men som ej är tänkta att inarbetas i modellen så här långt. Exempelvis kan nämnas utsläpp från halkrelaterade olyckor, ökad bränsleförbrukning på grund av försämrat väglag samt spridning av föroreningar från fordonskorrosion, slitage från plogskär, annat vägslitage och vägskador. Utsläppen från väghållningsfordonen i sig är något som värderas redan idag, åtminstone vad gäller CO_2-utsläpp, men detta behandlas ej i Vintermodellen.

9.2 Effekter på vegetation

Man vet från en mångfald av undersökningar, både från fältinventeringar och från laboratoriestudier, att vegetation – till exempel barrträd – kan skadas såväl när vägsaltet kommer i kontakt med rötterna, som när det avlagras på barrens utsida. Den vägnära vegetationens exponering för vintervägsalt medför ett flertal negativa effekter, till exempel att:

- Tillväxten hos de vägnära träden kan hämmas
- Landskapsbilden blir påverkad av de visuella symptomen på framförallt barrträd (figur 11)
- Skadade träd längs vägarna uppfattas negativt och kan kanske leda till oro för andra konsekvenser
- Artsammansättningen utefter vägrenarna kan förändras vilket kan strida mot målet med artrika vägkanter
- Vegetation i trädgårdar nära saltade vägar kan skadas, med tomtägarnas oro som följd.

Figur 11 Saltskadad barrvegetation. Skadade tallar längs med väg E4.

Symptomen på saltskadad barrvegetation framkommer vanligen i samband med vårens töperiod i slutet av februari eller mars/april. De vanligaste symptomen är att barrspetsarna först blir gula och därefter bronsfärgade och slutligen bruna och döda. Nekrosen fortskrider från toppen mot basen av barren och slutligen faller de av. Litteraturen avslöjar att gran är den saltkänsligaste arten medan resultaten från de inventeringar som tidigare gjorts över saltskadad vegetation utefter det statliga vägnätet (Bäckman och Folkeson, 1995; Blomqvist, 2005) har visat att det är tallar som bedömts som mest skadade. Avgörande för bedömningen är hur man vill definiera begreppet *skada*. Medan gran visserligen lättare blir skadad så har den ändå en förmåga att tappa de skadade barren och skjuta nya skott som under sommaren skyler saltskadorna. Tallen däremot, har ett annat barrfäste och de skadade barren sitter därför kvar på kvistarna under sommaren och de nya tallskotten skyler inte skadorna på samma sätt som hos gran.

Det finns ett stort antal undersökningar över salttåligheten hos olika vegetationsarter. Omfattande litteratursammanställningar finns till exempel i Dobson (1991) och Brod (1993). I övrigt har saltskadad vegetation till exempel studerats i relation till koncentrationen av natrium, klorid och andra ämnen i växtdelarna eller depositionen på de ovanjordiska växtdelarna eller salthalten i marken eller markvattnet (Blomqvist, 1998).

Förhållandet mellan kloridhalten i barr och skadegraden har ofta visat sig följa en s-formad dos-responsfunktion (Dragsted, 1990). Tolkningen försvåras dock av att saltinnehållet kan ”läcka” ut ur de skadade barren samt att andra skadefaktorer kan ha verkat allmänt försvagande eller bidragande till skadan.

Även om det finns många exempel i litteraturen på olika natrium- eller kloridhalter som uppmätts vid olika skadegrader för ett antal olika vegetationstyper så är det däremot väldigt svårt att säga något om vilken *väghållningsåtgärd* som lett fram till vilken exponeringsgrad och därmed medfört skadan.

9.3 Vinterväghållningen

Vägverket för en medveten strävan att förbättra väghållningen och har också genom sitt sektorsansvar och miljöbalkens allmänna hänsynsregler skyldighet att känna till miljöeffekterna av sin verksamhet samt vidta åtgärder för att minska eller förhindra att skador uppkommer. Saltanvändningen på det statliga vägnätet har ungefär fördubblats sedan 1970-talet och har under de senare säsongerna varierat kring ungefär 200 000−300 000 ton salt per säsong. Regelverken för vinterväghållningen på de statliga vägarna har ändrats en handfull gånger under 1990-talet. Vintersäsongen 1993/94 användes av olika orsaker över 400 000 ton salt på det statliga vägnätet och 1996 sattes ett mål på högst 200 000 ton upp för kalenderåret 2000. Ett mål som också uppnåddes. Däremot är det inte helt lätt att säga vilken förändrad miljöbelastning de olika strategierna medförde eftersom det förutsätter en omfattande uppföljning av olika miljöeffekter.

För det fortsatta arbetet med minskning av saltförbrukningen har strategin ändrats till att i stället gälla utveckling av ett saltindex som utgår från de under hela vintersäsongen rådande väderförhållandena. Genom att jämföra den faktiska saltanvändningen med den som skulle ha föranletts av de uppkomna väderförhållandena enligt regelverket för vinterväghållning, kan man utröna entreprenörernas effektivitet.

Men det räcker antagligen inte att ”salta så lite som möjligt” för att minimera skadeuppkomsten. För försaltningen av grundvattnet är en minskning av den totala mängden salt som används per säsong och avrinningsområde av avgörande betydelse, men vad gäller uppkomsten av skada på vegetation spelar sannolikt snarare exponeringsmönstret (mängd, tidpunkt på året, antal exponeringstillfällen, etc.) en större roll. Och, som tidigare nämnts, är det viktigt för väghållarens möjligheter att tillämpa kunskapen om hur skada uppkommer, att denna är baserad på väghållarens egen åtgärdsarsenal.

Det är här som VTI:s Tema Vintermodell kommer in.

Ska man få insyn i vilka förändringar i väghållningsstrategin som leder till vilken förändring i exponeringsmönstret, måste man basera en modell på studier av de variabler som styr de olika transportmekanismerna i en rumslig och tidsmässig upplösning som tillåter att dessa analyseras.

9.4 Delmodellens syfte

Miljömodellen i Tema Vintermodell syftar till att simulera vägomgivningens exponering för salt utifrån väder, väglag, trafik och saltningsstrategi. Baserat på valda toleransnivåer (kända eller antagna) räknas sedan den modellerade exponeringen om till miljöeffekter för vägnära vegetation och grundvatten. Genom att en kostnad (känd eller antagen) ansätts till respektive miljöeffekt kan miljönyttan av en förändrad väghållningsstrategi sättas i relation till övriga effekter och nyttor.

9.5 Modellansats

Vintermodellen syftar till att kunna beskriva effekterna av väder trafik och vidtagna åtgärder vid en typväg som är 7−9 m bred med driftstandard A3 enligt Drift 96 (ÅDT: 1 500−3 000 fordon per dygn) och en hastighet av 90 km/h. Delmodell miljö utgår i första hand från effekter av exponeringen av salt till vägens omgivning. Effekterna från exponeringen av vägsalt rör i första hand den vägnära vegetationen och grundvattnet. I fallet grundvatten tas i modellen, i det här skedet, ej hänsyn till den laterala spridningen av saltet, utan all tillförd saltmängd beräknas förr eller senare nå grundvattnet.

9.5.1 Begrepp

Liksom i Tema Vintermodells väglagsmodell används följande beteckningar för tidsbegrepp: **Klockan t** anger en tidpunkt uttryckt i hela klockslag, t.ex. kl. 9:00, kl. 10:00 etc. Förenklat skrivs detta kl. 9, kl. 10, etc. **Timme t** avser en tidsperiod som är en timme lång. Till exempel avser timme 9 perioden 09:00:00−10:00:00.

Trafiken (flödet) räknas om till personbilsekvivalenter (PB_{ekv}) som är summan av antalet personbilar (PB), bussar (B), lastbilar (LB) och lastbilar med släp (LBS) där bussar, lastbilar och lastbilar med släp multipliceras med varsin koefficient (PB_{ekv} = PB $\cdot$ 1 + B$\cdot$ k_B + LB $\cdot$ k_{LB} + LBS $\cdot$ k_{LBS}). Koefficienterna k_B, k_{LB}, och k_{LBS} bestäms genom antaganden om deras egenskaper, eller, om möjligt, kalibreras de ur fältdata. Trafiken räknas dessutom om till den ackumulerade trafikmängden ($PB_{ekv\ ack}$) för modellering av borttransporten av salt från vägytan.

Väglaget i hjulspåren räknas om till ett mått, en väglagsfaktor ($VLF_{timme\ t}$) där packad snö (och dylika väglag) verkar dämpande och våt barmark och slask verkar främjande för tillgängliggörandet av saltförrådet.

Vinden (hastighet och riktning) räknas om till vindvektorns vägvinkelräta komposant. Även andra sätt att arbeta in vinden i spridningsmodellen kan komma att testas.

Saltförrådet, Restsalt

Den kemiska halkbekämpningen sker med natriumklorid. Varje åtgärd leder till en **saltgiva** med en viss mängd salt (g/m^2) och spridningsbredd (m). Saltet kommer att omfördelas på vägen och lämna vägytan genom fordonens framfart, plogningsåtgärder och avrinning. Den mängd restsalt som finns kvar på vägytan **klockan t** utgör det **förråd** (F) som är källan till exponeringen under nästkommande timme. Förrådet är en funktion av den ackumulerade trafikmängden ($PB_{ekv\ ack}$), väglaget och eventuella plogningsåtgärder samt regntillfällen sedan givan tillförts vägytan.

Förråd: $F_{kl\ t}$ = f($giva_{kl.\ t}$, $PB_{ekv\ ack}$, VLF, plogningsåtgärd, nederbörd)

I de inledande studierna har följande funktion använts för att beskriva utvecklingen av saltförrådet på vägen:

$$F_{kl\,t} = giva_{kl\,t} \cdot e^{\left(-k_{avklingning} \cdot PB_{ekv\,ack}\right)}$$

Emissionspotential, Emission och exponering

Trafikflödet och väglaget under timme t kommer därefter vara drivkrafterna för att föra det tillgängliga saltet upp i luften så att det genom vindens försorg kan föras till vägomgivningen. Väglaget verkar antingen hämmande eller främjande för den fortsatta spridningen.

Emissionspotentialen beskriver den mängd salt som beroende på saltförrådet, den passerande trafiken och väglaget kan föras bort från vägen.

Emissionspotential: $EP_{timme\ t}$ = f($F_{kl\ t}$, $Pb_{ekv\ timme\ t}$, $VLF_{timme\ t}$)

Emissionen är den mängd salt som verkligen förs bort från vägen. Förutom emissionspotentialen innehåller funktionen även en variabel som är beroende av vindförhållandena.

Emission: $E_{timme\ t} = f(EP_{timme\ t}, vind_{timme\ t})$

Exponeringen är den mängd salt som når ett visst avstånd från vägen.

Exponering: $Vdep_{timme\ t} = f(E_{timme\ t}, avstånd, bakgrund)$

9.6 Metoder

Vad gäller vegetationen beräknas exponeringen av den lufttransporterade saltdepositionen utifrån fältmätningar av detta med saltabsorberande aerosolfilter på vindflöjel vid olika avstånd från och på båda sidorna om vägen. Exponeringstiden har i normalfallet varit 1 h, men kan variera beroende på de yttre omständigheterna mellan 0,5 h och 24 h. Filtren byts efter exponeringen och transporteras till lab för urlakning av den på filtret avsatta saltmängden. För komplett beskrivning av metoden se VTI rapport (Blomqvist & Gustafsson, 2006a).

Saltförrådet på vägen mäts med restsaltmätare SOBO 20. Mätningarna genomförs i transekten över vägen där vägen delats upp i längsgående sektioner (utanför körfält, utanför hjulspår, i hjulspår, vägmitt, etc.)

9.7 Fältlokaler

För fältförsöken har hittills två lokaler utnyttjats, dels väg 34 vid Vimmerby, dels väg 1050 vid Klockrike. Vid Vimmerby utnyttjades den befintliga VViS-installationen för registrering av vind, temp och nederbörd i 30-minutersintervall. Dessutom finns vid lokalen en induktiv trafikräknare med registrering av trafiken i 60-minutersintervall. I Klockrike installerades vid fältmätningslokalerna egen mätutrustning där trafik, vind, lufttemperatur och luftfuktighet registrerades i 10-minutersintervall. Trafikmätningen skedde i Klockrike med gummislangar vilket medförde att de behövde bli losskopplade vid passage av plogbil.

9.8 Mätomgångar

Fältförsök nr 1: 2002-02-21, kl. 13 till och med 2002-02-22, kl. 18 Vimmerby
Fältförsök nr 2: 2002-12-16, kl. 11 till och med 2002-12-17, kl. 9 Vimmerby
Fältförsök nr 3: 2003-01-28, kl. 15 till och med 2003-01-29, kl. 13 Vimmerby
Fältförsök nr 4: 2003-02-10 till och med 2003-03-07 Klockrike
Fältförsök nr 5: 2003-03-07, kl. 5 till och med 2003-03-07, kl. 16 Klockrike
Fältförsök nr 6: 2004-02-09, kl. 16 till och med 2004-02-13, kl. 11 Klockrike
Fältförsök nr 7: 2004-02-16, kl. 18 till och med 2004-02-19, kl. 9 Klockrike
Fältförsök nr 8: 2004-02-21, kl. 21 till och med 2004-02-23, kl. 21 Klockrike
Fältförsök nr 9: 2005-01-28, kl. 6 till och med 2005-01-28, kl. 14 Klockrike
Fältförsök nr 10: 2005-02-13, kl. 8 till och med 2005-02-13, kl. 16 Klockrike
Fältförsök nr 11: 2005-02-16, kl. 9 till och med 2005-02-16, kl. 15 Klockrike
Fältförsök nr 12: 2005-02-22, kl. 7 till och med 2005-02-22, kl. 17 Klockrike

9.9 Resultat

Här sammanfattas resultat från beräkning av personbilsekvivalenter, beräkning av väglagsfaktor, mätning och modellering av restsalt, samt vägomgivningens exponering för klorid från vägsalt. En del av resultaten finns även publicerade i de två artiklar (Blomqvist & Gustafsson, 2004; Gustafsson & Blomqvist, 2004) som presenterades vid TRB Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology in Spokane, Washington, 7–9 juni, samt vid PIARC XIIth International Winter Road Congress, Turin, Italy, 2006 (Blomqvist & Gustafsson, 2006b).

9.9.1 Beräkning av personbilsekvivalenter (Pb_{ekv})

Det är trafiken tillsammans med väglaget och vinden som tycks ha störst betydelse för de mekanismer som för bort saltet från vägen. Olika fordon har dock olika stor potential att bilda stänk och spray. Därför räknas alla fordon om till personbilsekvivalenter. Spridningsmekanismerna styrs av fordonens förmåga att dels lyfta upp saltet/dagvattnet från vägbanan, dels stänka bort det. Men även förmågan att hålla saltaerosolerna i luften genom den turbulens som bildas av vinddraget har betydelse. Turbulensen är relaterad till energiåtgången enligt $E=1/2 \cdot Cd \cdot v^2 \cdot A$. Givet att Cd=0,4 (koefficienten för luftmotstånd) och A (arean) är $1,5 \cdot 2,0$ m^2 för personbilar och Cd=0,8 och $A=4,0 \cdot 2,5$ m^2 för lastbilar är relationen personbil till lastbil ett till sex (Norem, 2003). Men de spraybildande egenskaperna hos ett personbilsdäck och ett lastbilsdäck skiljer sig också åt bland annat beroende på däckens skilda bredd, mönster och kurvatur. Dessutom skiljer sig spraybildningen åt beroende på olika stänkskydd (spray suppression system) på enskilda fordon.

9.9.2 Beräkning av väglagsfaktor

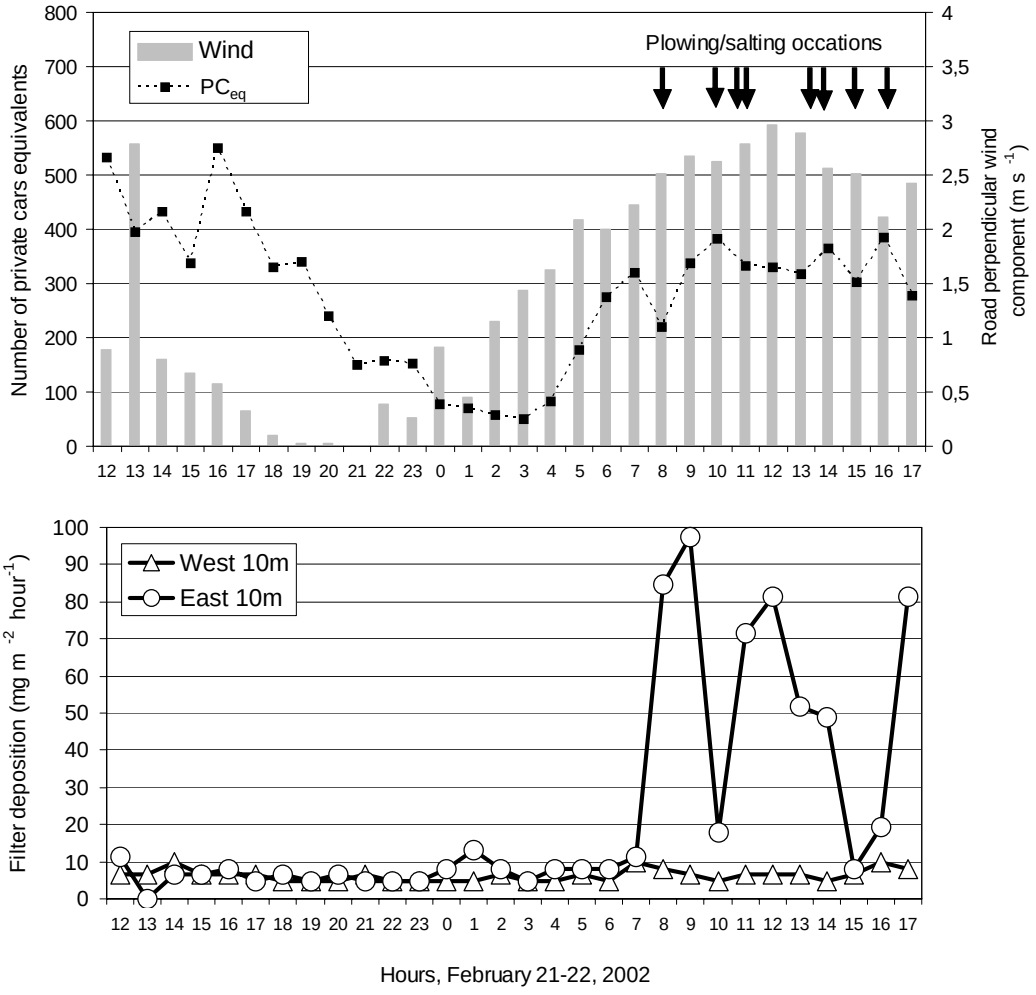
Väglagsfaktorn beskriver väglagets inverkan på saltets benägenhet att av trafiken föras från vägen till vägens omgivning. Väglagsfaktorer har beräknats ur fältmätdata från fältlokalerna i Klockrike och Vimmerby genom att anpassa en exponentialfunktion till residualsaltet i hjulspåren (saltförrådet) och den ackumulerade mängden personbilsekvivalenter. Vägytans fuktighet styr i hög grad väglagsfaktorns storlek och den tycks variera inom en tiopotens mellan torr och våt vägbana. Exempel på väglagsfaktorernas storlek finns presenterat i Blomqvist & Gustafsson (2004, 2006a).

9.9.3 Mätning av saltförrådet (restsalt)

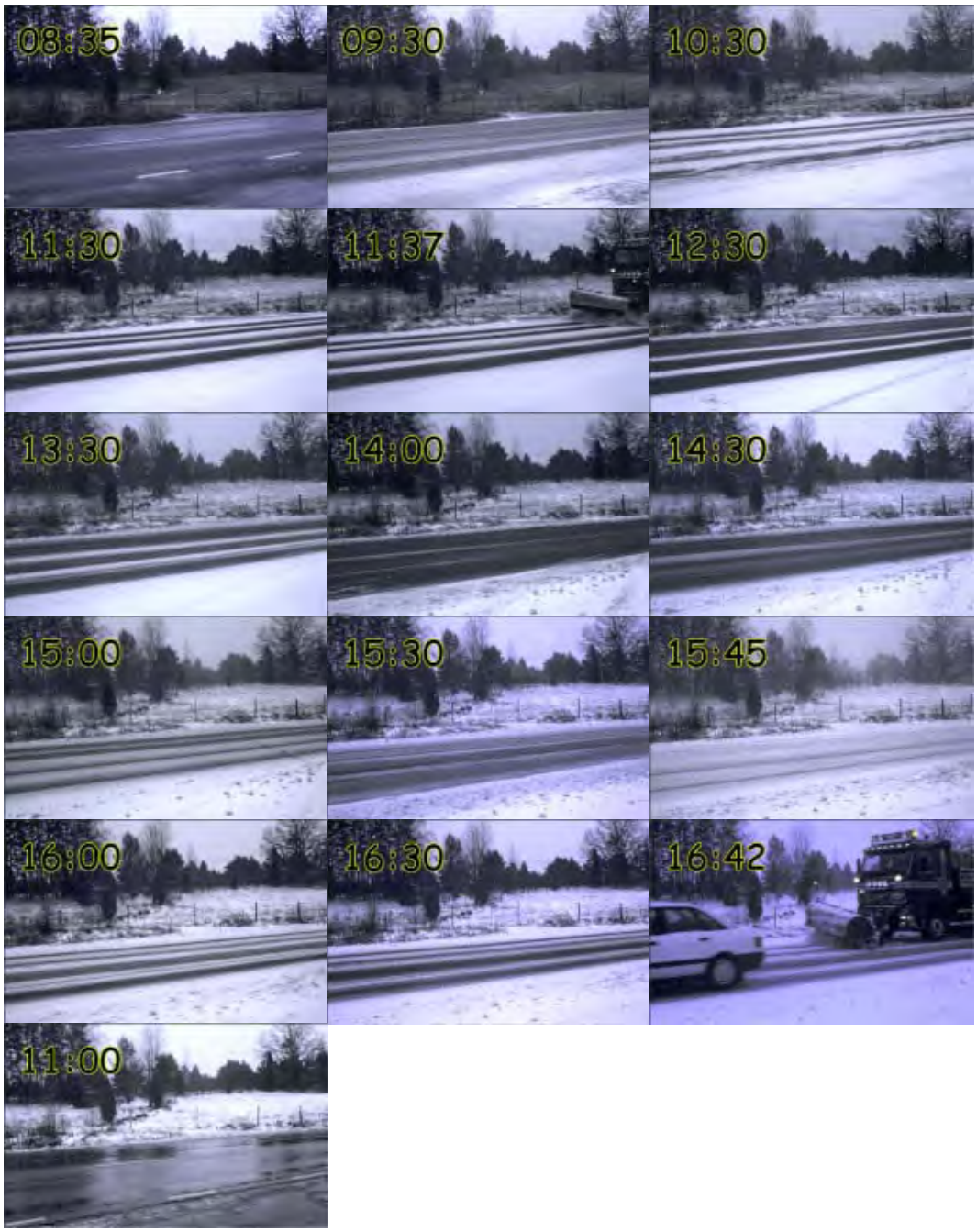
Mätningarna av restsalt på vägbanan visar att det ofta är större variation tvärs vägbanan vid ett och samma mättillfälle än det är i en och samma ”mätposition” vid ett tillfälle sex timmar senare (Blomqvist & Gustafsson, 2004). Saltet tycks ackumuleras utanför kantlinjen och mellan hjulspår. Restsalt kan ses avklinga långt snabbare under väglaget våt barmark jämfört med väglagen torr och fuktig barmark. Väglagsfaktorn för detta väglag (våt) tycks ligga i storleksordningen en tiopotens större än vid fuktig barmark.

9.9.4 Omgivningens exponering för salt

Genom att jämföra andelen vindar med en vägvinkelrät vindkomposant med andelen deponerat salt vid ett och samma avstånd på båda sidorna om vägen har redan tidigare vindens roll som transportmekanism lyfts fram (Blomqvist, 2001; Gustafsson & Blomqvist, 2004). Saltexponeringsstudier i Vimmerby (Fältförsök nr 1) bekräftade och förtydligade vindens betydelse för omgivningens exponering för salt. Dessutom lyftes väglagets betydelse för saltspridningen fram. Vid entimmesexponeringarna under en relativt konstant vindriktning och ett flertal saltningstillfällen visades hur saltet dels spreds till läsidan om vägen, men också hur väglagets beskaffenhet påverkade saltexponeringen. När väglaget bedömdes som packad snö eller tunn is minskade saltexponeringen (se timme 10, 15 och 16 i figur 12 och 13). När väglaget i stället bedömdes som snömodd ökade exponeringen igen (Gustafsson & Blomqvist, 2004). I modelleringsarbetet utnyttjas utdata från väglagsmodellen som indata till miljömodellens exponeringsmodell.



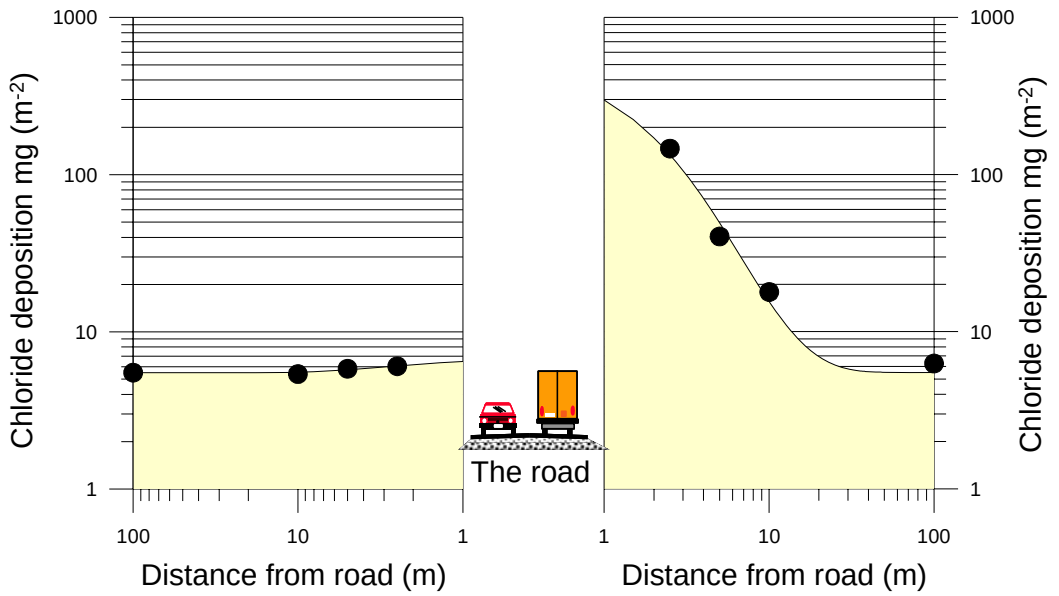
Figur 12 Vind, trafik, saltning (övre diagrammet) och resulterande saltexponering på 10 m avstånd (nedre diagrammet). (Ur: Gustafsson & Blomqvist, 2004).



Figur 13 Väglagsutvecklingen den 22 februari 2002.

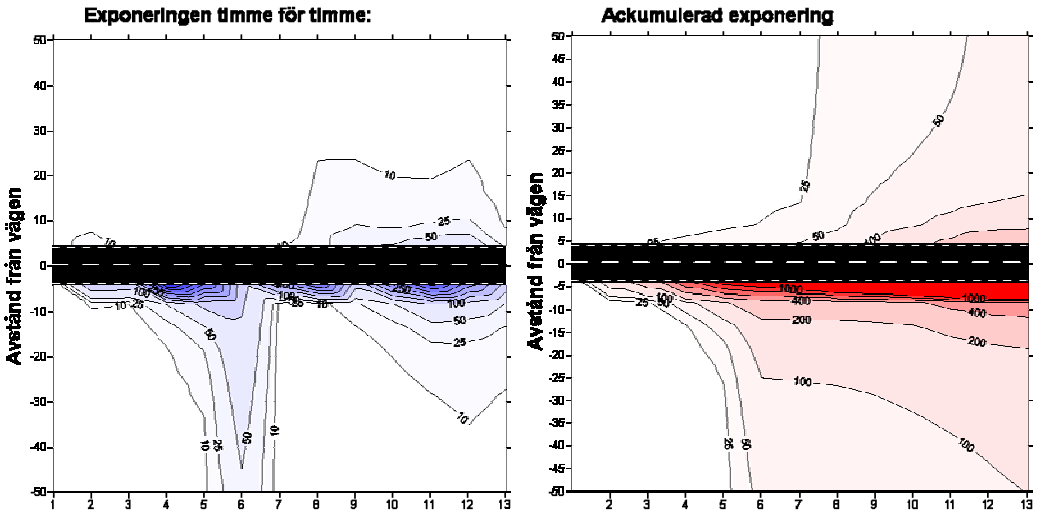
9.9.5 Modellering av saltexponering

Exponeringen är en funktion av saltförrådet, trafiken (den ackumulerade summan personbilsekvivalenter som passerat sedan saltningstillfället), väglaget, vinden, avståndet och bakgrundsdepositionen. Genom att fältinsatserna (fältförsök 1–12) genomförts under olika yttre förhållanden som trafik, väder och saltinsatser, har ett antal olika kombinationer erhållits som underlag för modellering. I figur 14 visas ett exempel på saltexponeringsmönster i en profil tvärs vägen och 100 meter ut på vardera sidan.



Figur 14 Ett exempel på en timmes saltexponering i en transekt tvärs vägen och 100 m ut på vardera sidan (från: Blomqvist & Gustafsson, 2006a).

Exponeringsmönstret timme för timme, summeras upp under en vintersäsong och den totala exponeringen sätts i relation till den i förväg valda toleransnivån (Blomqvist & Gustafsson, 2006b). Resultatet blir en area vid sidan om vägen som utgångspunkt för beräkning av kostnaden (se figur 15).



Figur 15 Vägomgivningens exponering, timme för timme (till vänster) och den ackumulerade exponeringen under motsvarande tidsrymd (till höger)

9.9.6 Toleransnivåer – saltexponering

Den teoretiska omfattningen av skada på miljön (till exempel vägomgivningens vegetation) kan beräknas genom att kombinera saltexponeringsfunktionen med en dos-responsfunktion för den valda miljökomponenten (Blomqvist, 2001b). Genom att i stället utgå från en toleransnivå kan man ”baklänges” räkna ut vid vilket avstånd denna exponeringsnivå förekommer och på så vis avgöra inom vilken zon, på respektive sida av vägen, skadan överstiger det som tolereras.

9.9.7 Värdering

Kostnaden för saltskada väljs i förväg i modellen och utgörs i detta skede av en inlösenskostnad för mark som överskrider en viss toleransnivå plus en ”estetisk kostnad” för samma area mark. Kostnaden för försaltat grund- och ytvatten är ännu ej utredd, men en modell för hur man kan gå till väga för att värdera grundvatten finns i Johansson m.fl. (2002). Ett förenklat verktyg för att kvantifiera kloridhaltsökning inom ett avrinningsområde presenteras av Thunqvist (2003). Ett mer detaljerat modelleringsarbete för salthalt i markvattenzonen i vägnära miljöer presenteras av Lundmark (2005). Båda dessa arbeten kan kopplas till vintermodellens miljödel vad gäller grundvatten.

9.10 Fortsatt FOU

Modellprototypen kommer under 2006 i första hand att utvecklas genom att utföra en känslighetsanalys över de olika delarna och ingående variablerna i syfte att finna vad i modellen som främst behöver vidareutvecklas. I förlängningen bör delmodellerna även kalibreras för att göras giltiga i fler typsituationer.

9.11 Slutkommentarer

Upplägget av Tema Vintermodell utgör en unik möjlighet att kombinera många olika typer av mätningar från ett och samma tillfälle vid en och samma lokal. Men komplexiteten hos miljökomponenterna och bristen på data leder till svårigheter att kunna generalisera effekterna annat än till de typfall som valts. Därför ligger det en stor poäng i att modellen hålls öppen vad gäller val av sårbarhet, dos-responsfunktioner, värderingsmått, etc. för att modellen i framtiden ska kunna göras giltig även för andra typfall.

9.12 Referenser

Blomqvist, G: **Impact of de-icing salt on roadside vegetation – A literature review.** VTI rapport 427A. Statens väg- och transportforskningsinstitut. Linköping. 1998.

Blomqvist, G. (2001a): **De-icing salt and the roadside environment: Air-borne exposure, damage to Norway spruce and System monitoring.** Doktorsavhandling. TRITA-AMI—PHD 1041. Avdelningen för mark- och vattenresurser. Institutionen för Anläggning och Miljö. KTH, ISBN 91-7283-081-6.

Blomqvist, G. (2001b): **Long-term effects of deicing salt on the roadside environment Part I: Forestry.** Transportation Research Board Conference Proceedings 23. Transportation Research Board, pp 179-185. ISBN 0-309-06747-2.

Blomqvist, G: **Indicators for monitoring the system of de-icing salt and its impacts on groundwater, vegetation and societal assets.** Paper presented at the European Conference of Transport Research Institutes. Young Researchers Seminar in the Hague. 11–13 May 2005.

Blomqvist, G. & Gustafsson, M: **Patterns of residual salt on road surface: case study.** Paper presented at the Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology. June 7–9, 2004. Spokane, Washington. Transportation Research Circular, Number E-C063, pp 602–608. 2004.

Blomqvist, G. & Gustafsson, M. (2006a): **Tema Vintermodell. Miljömodellen.** VTI-rapport 562. Linköping. 2006.

Blomqvist, G. & Gustafsson M. (2006b): **The environmental sub-model of the Swedish Winter Model – from real world data to a modelled scenario.** Paper accepted for presentation at the PIARC XIIth International Winter Road Congress. Torino. Italy. 2006.

Brod, H.G: **Langzeitwirkung von Streusalz auf die Umwelt.** Vekehrstechnik Heft V2. Bundesanstalt für Strassenwesen. Bergish Gladbach. 1993.

Bäckman, L. & Folkeson L: **Saltpåverkan på vegetation, grundvatten och mark utmed E20 och Rv 48 i Skaraborgs län 1994.** VTI meddelande 775. Statens väg- och transportforskningsinstitution. Linköping. 1995.

Dobson, M.C: **De-icing salt damage to trees and shrubs.** Forestry Commission Bulletin 101. Department of the Environment Arboriculture Contract.Forestry Commission. Fanham. Surrey. 1991.

Dragsted, J: **Some results from Danish investigations in salt stress on trees.** Aquilo. Series Botanica. Vol. 29, pp. 21–23. 1990.

Gustafsson, M. & Blomqvist, G: **Modeling the exposure of roadside environment to airborne salt: case study.** Paper presented at the Sixth International Symposium on Snow Removal and Ice Control Technology. June 7–9, 2004. Spokane, Washington. Transportation Research Circular, Number E-C063, pp 296–306. 2004.

Johansson, P-.O., Djurberg, H., Gunnemyr, L., Söderqvist, T., Collentine, D: **Värdering av grundvattenresurser, Metoder och tillvägagångssätt.** Naturvårdsverket. Rapport 5142. 2002.

Lundmark, A: **Modelling the impacts of deicing salt on soil water in a roadside environment.** Licentiatavhandling. TRITA-LWR.LIC 2024. KTH Mark- och vattenteknik, Stockholm. 2005.

Norem, H: Personlig kommunikation. 2003.

Thunqvist, E-L: **Estimating chloride concentration in surface water and groundwater due to deicing salt application.** Doktorsavhandling. TRITA-LWR PHD 1006. Avdelningen för Mark och Vattenresursteknik. Kungliga Tekniska Högskolan. Stockholm. 2003.

10 Modellen för väghållareffekter

Denna modell befinner sig för närvarande på ett rudimentärt stadium.

10.1 Väghållarkostnader

Väghållarkostnaderna kan delas upp i två kategorier, dels kostnader för att utföra vinterväghållningsåtgärder som exempelvis snöplogning och sandning, dels kostnader för slitage och skador på t.ex. broar och beläggningar.

För att kunna beräkna den förstnämnda kategorin behövs kostnadsuppgifter för olika typer av åtgärder.

I nedanstående tabell sammanfattas à-priser för de typer av åtgärder som görs på själva vägen (Ihs och Möller, 2004). Prisnivån antas vara år 2004.

Tabell 16 À-priser för åtgärder och material.

Typ av åtgärd					**Material**
Förebyggande halkbekämpning[1]	Kombi-körning[2]	Plogning[3]	Hyvling/ isrivning[4]	Sandning[5]	Salt
660 kr/tim	630 kr/tim	560 kr/tim	560 kr/tim	500 kr/ut-lagt ton	580 kr/ ton

Även merkostnader för åtgärder vid vissa vinterväghållningsstrategier är av intresse att försöka kvantifiera.

I VTI-rapporten ”Försök med osaltade vägar” (Öberg et al., 1985) görs en uppskattning av kostnadsförändringar för vissa åtgärder vid övergång från saltad till osaltad väg. Trafikmängden på de aktuella vägarna låg i allmänhet i spannet 3 000–4 000 ÅDT. Följande uppgifter hämtas därifrån:

– Kostnaden för tvättning av kantstolpar kan antas minska med ca 250 kr/vinter och km väg. Om denna kostnad räknat upp med konsumentprisindex till 2005 års prisnivå kan det ungefär motsvara 450 kr/vinter och km väg

– Kostnadsökningen för dikning pga. ökad sandning på osaltad väg bedömdes till ungefär 200 kr/vinter och km väg. Omräknat till dagens prisnivå blir detta i storleksordningen 350 kr/år och km väg

– När det gäller slitage och skador så uppskattas kostnaden för minskade broreparationer till ca 7 300 kr/år och bro som genomsnitt för landets ungefär 11 000 broar. I 2005 års prisnivå motsvarar detta ca 13 000 kr/bro och år

– Beläggningsslitaget bedömdes minska med ca 450 kr/vinter och km väg beroende på hur stor del av vintern som osaltade och saltade vägar var täckta av snö/is eller hade torr respektive våt barmark. I 2005 års prisnivå motsvarar detta ca 800 kr/vinter och km väg.

[1] Kostnaden avser förare + boggiebil + aggregat för spridning av saltlösning
[2] Kostnaden avser förare + boggiebil + plog + aggregat för spridning av befuktat salt
[3] Kostnaden avser förare + boggiebil + plog
[4] Kostnaden avser förare + väghyvel. Antas vara lika stor som kostnaden för en plogbil
[5] Kostnaden avser förare + boggiebil + sandaggregat + materialkostnad för sand

I Sektorsredovisning 2001 (Vägverket, 2001) kan man läsa följande: ”På saltanvändningens och dubbdäckens kostnadssida för väghållaren finns dyrare investeringar, ökat och dyrare underhåll och ökad tvättning. Kostnaderna uppgår till 1–2 miljarder kronor per år.”

Ett intressant första steg vore att kartlägga vilka kostnadsposter som är dominerande inom angivet intervall 1–2 miljarder kronor.

Ännu bättre vore om man kunde göra beräkningar där de olika kostnadsposterna sätts i relation till frekvens av olika typer av åtgärder eller användning av salt eller dubbdäck.

Uppdelningen skulle kanske kunna göras på följande sätt:

- Kostnad för slitage på beläggningar och vägmarkeringar i relation till dubbdäcksanvändning
- Kostnad för slitage på vägmarkeringar i relation till snöplogningsfrekvens
- Kostnad för skador på broar i relation till saltningsfrekvens eller beroende på saltning/icke saltning
- Kostnad för tvättning av kantstolpar och vägmärken i relation till saltningsfrekvens och/eller dubbdäcksanvändning.

Det bör påpekas att i Vintermodellen tas för närvarande ingen hänsyn till kostnader för slitage och skador, bara till kostnader för att utföra vinterväghållningsåtgärder.

10.2 Referenser

Ihs, A. och Möller, S: **Beräkningsmodell för vinterväghållningskostnader.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. VTI notat 53-2004. Linköping. 2004.

Vägverket: **Sektorsredovisning 2001.** Vägverket. Borlänge. 2002.

Öberg, G, Arnberg, P, Carlsson, G, Helmers, G, Jutengren, K. och Land, P-G: **Försök med osaltade vägar. Huvudrapport.** Statens väg- och trafikinstitut. VTI rapport 282. Linköping. 1985.

11 Värderingsmodellen

Is och snö leder till olägenheter för trafikanter vintertid. Dessa handlar i första hand om minskad framkomlighet och ökade risker för olika slag av trafikolyckor, vilka väghållarna försöker reducera genom driftsåtgärder av olika slag. Snöröjning och halkbekämpning, t.ex. genom saltning av vägbanor är de två dominerande slagen av driftsåtgärder som vidtas.

Därigenom skapas *nytta* för trafikanterna, men samtidigt en del olägenheter och *kostnader*. Väghållarens driftskostnader för vidtagna åtgärder påverkar på ett direkt sätt av vilka driftsåtgärder som vidtas. Samtidigt finns det skäl att tro att också trafikanterna och i viss mån tredje man drabbas av olika kostnader. För vägtrafikanterna kan det t.ex. handla om tilltagande korrosionsskador på fordon i samband med saltning av vägar. Vinterväghållningen kan också medföra produktionsbortfall för t.ex. skogsbrukare med mark i anslutning till vägar som vinterväghålls med hjälp av saltning. Denna åtgärd kan också resultera i att dricksvattentäkter går förlorade eller minskar i kvalitet.

Olika strategier för vinterväghållning kan förväntas resultera i olika utfall när det gäller kostnader och nyttor av nämnda slag. Den totala kostnaden och nyttan för samhället kan därmed förväntas påverkas och även fördelningen mellan olika intressenter som berörs.

När det gäller investeringar i infrastruktur finns kalkyleringsmetoder vilka som regel tillämpas för samhällsekonomiska analyser och bedömningar av olika investeringsalternativ. Detsamma kan inte sägas gälla olika drift- och underhållsåtgärder, vilket den statliga vinterväghållningen kan tas som exempel på.

Det finns många skäl till att utföra samhällsekonomiska analyser även på drift- och underhållsåtgärder, t.ex. den statliga vinterväghållningen. Med anledning därav gjorde vi en analys av hur de principer som tillämpas avseende CBA (Cost/Benefit Analysis) för investeringar i väginfrastruktur skulle kunna överföras till det ramverk som Vintermodellen innebär. Syftet med analysen var att, baserat på principiella grunder för traditionell CBA och dess tillämpning av trafikverken utifrån SIKA:s rekommendationer, studera hur en tillämpning på Vintermodellen kan utformas.

Vintermodellen är uppbyggd av sju effektmodeller där respektive modell beaktar effekter på olyckor, framkomlighet (hastigheter och flöden), fordonskostnader (bränsleförbrukning och korrosion), miljö- och hälsoeffekter, väghållarens åtgärdskostnader samt väghållarens kostnader för slitage och skador. Förändringar i effekter på dessa områden resulterar i förändrade kostnader och nyttor för resenärer och samhället i övrigt.

Det kan konstateras att effekter på dessa områden kan vara direkta eller indirekta, vilket påverkar metod och ansatser för beräkning som vidtas. Målet har varit att även beakta detta i denna studies analys. Som utgångspunkt för analysen har Vintermodellen i dess befintliga utseende (hösten 2005) använts. Detta för att lägga en till grund för en bedömning av Vintermodellens delmodeller utifrån hur väl effektmodeller tillsammans med värdering av effekter kan tillämpas i en CBA. I de fall där effektmodeller eller värderingar saknas eller har bedömts som otillräckliga i Vintermodellen (hösten 2005) diskuteras hur effekter skulle kunna modelleras samt hur värderingsstudier kan utformas.

Metod för arbetet har varit att baserat på en litteraturgenomgång analysera hur tillämpning av CBA på Vinterväghållning kan utformas inom ramen för Vintermodellen.

Vi har även beaktat frågan om kostnaden för skattefinansierad verksamhet och produktion genom diskussion av teori bakom tillämpning av skattefaktor och på vilka kostnadskomponenter dessa bör tillämpas på i Vintermodellen.

Vår förhoppning är att studiens diskussion om tillämpning av CBA på vinterväghållning, resultat och slutsatser ska vara intressanta för dels vinterväghållare som opererar under förutsättningar liknande det svenska Vägverkets, dels för fortsatt utvecklingsarbete av Vintermodellen. För den förstnämnda gruppen tillhandahåller rapporten en sammanfattning av hur CBA kan tillämpas på Vintermodellen samt vilka delmodeller i Vintermodellen som i skrivande stund resulterar i output som kan tillämpas i en CBA.

Även frågor om fortsatt utvecklingsarbete kan vara av intresse för vinterväghållare, men också för en vidare grupp av aktörer. Några exempel, bland många, på detta är markägare, transportörer och andra trafikanter. Identifieringen av områden där effektsamband saknas eller värderingar behöver tas fram tillsammans med förslag på angreppssätt kan också vara av värde för genomförare av fortsatt utvecklingsarbete av Vintermodellen.

Rapporten inleds med två generella avsnitt, 11.2 och 11.3, om CBA som metod och olika ansatser för värdering av dess komponenter. Syftet med dessa två avsnitt är att ge mindre initierade läsare en bakgrund till den diskussion och analys som förs i avsnitt 11.4. Detta avsnitt kan ses som kärnan i värderingsmodellen då själva tillämpningen av CBA-metodik på Vintermodellen görs där. Upplägget innebär att läsare redan insatta i CBA och metoder för ekonomisk värdering av effekter av olika slag kan hoppa över avsnitt 11.2 och 11.3 och gå direkt på tillämpningen i avsnitt 11.4.

11.1 Principiella grunder

De principiella grunder vi beaktat är de steg som tas i arbete med CBA samt den välfärdsteoretiska grund som CBA vilar på. För den senare delen hänvisar vi till VTI notat 55-2005 för en orientering på området.

11.1.1 Stegen i en CBA

Det inledande steget i en samhällsekonomisk bedömning är att beskriva projektet eller åtgärden/åtgärderna som ska genomföras. Det betyder att man definierar och avgränsar vad som ska företas för att lösa det ”relevanta problemet”.

Som nämnts ovan när det gäller vinterväghållning kan en uppsättning effekter förväntas både av mer direkt och indirekt karaktär. Nästa steg är att identifiera samtliga sådana effekter av relevans. Som också nämnts ovan kan de förväntade mer betydande effekterna ske på restider, olycksrisker och miljö.

När dessa är identifierade blir steg tre att värdera effekterna. Enligt ekonomisk teori bör detta ske enligt individernas preferenser. I de fall marknadspriser finns som avspeglar preferenser och därmed värderingar är det oftast lämpligt att använda dessa. Samtidigt kan konstateras att en betydande del av de effekter som utfaller inte kan prissättas via marknader och marknadsmekanismer. I dessa fall måste värderingen ske på andra grunder.

Vid investeringar i infrastruktur kan förväntas att vissa kostnader och en betydande andel av de nyttor som uppstår infaller först i framtiden – i framtida tidsperioder. I dessa fall måste då de kostnader som infaller i framtida tidsperioder diskonteras till nuvärde.

Således måste antaganden göras om när i framtiden de infaller, vilken diskonteringsränta som ska användas samt avseende livslängden på det utvärderade projektet.

När sedan nyttor och kostnader diskonterats till nuvärden blir det aktuellt med avvägning mellan dem. Genom att ta kvoten mellan dem alternativt nyttorna minus kostnader genom kostnader erhålls mått som gör det möjligt att jämföra stora projekt och åtgärder med de med mindre omfång.

Avslutningsvis, när det gäller den samhällsekonomiska kalkylen över investeringar i infrastruktur är det också ofta lämpligt att tillämpa känslighetsanalyser med avseende på vissa nyckelparametrar och antaganden. Det kan t.ex. handla om att antaganden som gjorts avseende framtida trafikutveckling, priser, projektet eller åtgärdens livslängd, värderingar eller tillståndsförändringar på olika områden.

11.2 Värdering av CBA:ns poster

11.2.1 Allmänt om värdering av icke marknadsvärderade nyttor

För att kunna göra den samhällsekonomiska analys som CBA innebär är det nödvändigt med kännedom om hur mycket individerna i samhället värderar olika effekter. För ”vanliga” konsumtionsvaror finns fungerande marknader för detta, men problem uppstår vid avsaknad av sådana. En rekommendation är att man i dessa situationer försöker efterlikna marknaden i så motto att man så långt som möjligt försöker fånga individernas egna värderingar.

Det kan konstateras att för detta syfte finns i huvudsak fyra olika metodansatser för värdering av icke marknadsvärderade poster i en CBA. De första två av dessa metodansatser brukar benämnas revealed preference (RP) medan de två sistnämnda går under samlingsbenämningen stated preference (SP). Vi har sammanställt innebörden av dessa och vilka för- och nackdelar som finns med respektive metodansats, vilket rapporteras i kommande VTI notat 55-2005.

11.2.2 Kostnadsanalys

På en övergripande nivå kan de samhällsekonomiska kostnaderna i samband med vinterväghållning delas upp i så kallade partiella och allmänna jämviktskostnader. De förstnämnda representerar de kostnader som bärs av den eller de som direkt berörs av åtgärden och det kan handla om både monetära och ej monetära uppoffringar för den eller de grupper som berörs. Samtidigt antas vid denna typ av analys att ekonomins priser på varor och tjänster på övriga marknader inte påverkas.

Den allmänna jämviktsanalysen å andra sidan återspeglar nettokostnadsbilden när ekonomins samtliga marknader flyttat sig till den jämvikt som gäller i och med åtgärden. Det betyder att denna typ av kostnadsanalys förutom de partiella jämviktskostnadskomponenterna också inkluderar förändringar i välfärd till följd av förändringar på andra marknader och ombalanseringar i den reglerande maktens budgetvillkor (vägverkets i samband med den statliga vinterväghållningen) samt den förbättring i välfärd som åtgärden i sig resulterar i.

Även de nyttor eller förändringar i upplevd nytta som åtgärder av olika slag ger upphov till kan vara av partiell eller allmän jämviktskaraktär. Dessa kan också vara både monetära och ej monetära. Ett resonemang analogt med ovan kan därmed föras även med avseende på de nyttor eller förändringar i nytta som erhållna effekter ger upphov till.

Innebörden av detta för arbetet med Vintermodellen har analyserats. I och med denna analys, beslutade vi att genomgående behandla förändringar i åtgärdsstrategier för vinterväghållningen som så små förändringar för ekonomins marknader vid sidan om transporter, att det blir tillräckligt med partiell jämviktsanalys.

11.2.3 Direkta och indirekta kostnader/kostnadsbesparingar

Oavsett kostnadsberäkningsmetod finns det skilda slag av kostnader som bör ingå vid beräkningarna. Först och främst har vi de direkta åtgärdskostnaderna för samhällsorgan som utför eller är involverade i åtgärden. Fysiska åtgärder och andra styrmedel kan även medföra direkta kostnader för hushåll och företag samt indirekta kostnader för båda dessa kategorier. Vinterväghållningen utgör ett exempel där både direkta och indirekta kostnader uppstår för hushåll och företag.

En genomgång av dessa för hushåll och företag samt metoder för estimering av dessa för företag har genomförts, vilket resulterade i några konstateranden och ytterligare avgränsningar för beräkningar inom ramen för Vintermodellen.

Kostnader och nyttor – några kommentarer och ytterligare avgränsningar

Effekter på kostnader och nyttor av nämnda slag för hushåll, företag, industrisektorer, stads/landsdelar och städer/tätorter kan, som nämnts, förväntas till följd av skiljda strategier för vinterväghållningen. Det är dock möjligt att fördelning av kostnader och nyttor dem emellan blir ojämn. Vi har dock begränsat oss i denna studie till att inte genomföra analyser avseende detta.

Idealt bör även kostnadseffektanalyser beakta synergier och konflikter av olika åtgärders och styrmedelskombinationers implementering. Beräkningar av detta slag utgör en grund för bedömning av dessa enskilt och i kombination för att uppnå multipla politiskt satta mål inklusive framkomlighet som i fallet med vinterväghållningen till så låga samhällsekonomiska kostnader som möjligt.

Vi valde dock att begränsa genomgången och analysen till effekter på olika kostnader som följer av åtgärder för förbättrad framkomlighet genom vinterväghållning och där framkomlighet då utgör den primära nyttokomponenten. Ytterligare en utgångspunkt är att nyttan av framkomlighet betraktas som en kostnad (med omvänt tecken kan tilläggas) som då låter sig jämföras med de andra kostnadsslagen i modellen[6].

11.3 CBA inom ramen för VTI:s Vintermodell

11.3.1 Inledning

Denna generella diskussion och analys samt avgränsningar från olika infallsvinklar av CBA har vi byggt på med diskussion och analys av en tillämpning inom ramen för Vintermodellen. Det betyder analys av effekter och de kostnader av olika slag som följer av åtgärder eller strategival för vinterväghållning inom ramen för Vintermodellen.

[6] Se även det inledande kapitlets mer detaljerade beskrivning av Vintermodellen.

Vintermodellens struktur

I centrum för Vintermodellen finns det väglag som erhålls som funktion av väder tillsammans med åtgärder som vidtas för att förbättra väglaget, dvs. plogning och saltning av vägar. Diverse förutsättningar såsom geografisk plats, regelverk och väderprognoser påverkar vilka åtgärder som vidtas, vilket därmed indirekt påverkar väglagssituationen.

Den påverkar i sin tur olycksbilden med olika olycksrisker och skadeföljder. Den påverkar också framkomligheten på vägen, dvs. hastighet och flöde, vilka har en indirekt effekt på bränsleförbrukning, vilket väglaget i sig har en direkt effekt på. Vidare innebär/ger olika framkomlighet en indirekt effekt på korrosionsskador på fordon, vilket saltningsåtgärder i sig har en direkt effekt på. Saltning av vägar medför också direkta effekter på miljön[7] och ett ökat slitage av vägbanor. Detsamma gäller plogningen även om miljöeffekterna är av annat slag, nämligen förändring i emissioner av partiklar. Sammantaget hanteras detta i Vintermodellen av de sju delmodeller som ingår[8].

Estimering av olika kostnadskomponenter

Inledningsvis kan konstateras att Vintermodellen innehåller kostnadskomponenter vilka värderas på marknader såväl som det motsatta, dvs. att annan typ av värdering krävs för att ta fram värden. När det gäller de icke-marknadsvärderade kostnaderna saknas det idag värderingsstudier på i första hand salt- och korrosionsskador.

Avseende några av de övriga effektslagen kan ASEK-värden[9] tillämpas som input till Vintermodellens kostnadsmodellering. Detta när det gäller olycks-, restids- och eventuellt miljökostnader i form av utsläpp till luft samt buller. För övriga miljökostnader, dvs. försaltning av grund- och ytvattentäkter, saknas värderingar. Där så är fallet diskuteras i det kommande notatet (55-2005) värderingsansatser som skulle kunna vara tillämpbara för respektive fall.

Avseende ej marknadsprissatta kostnader saknas även i viss mån också effektsamband tillämpbara inom ramen för Vintermodellen. Detsamma kan anses vara fallet med korrosionsdelen av fordonskostnadskomponenten. Förkortad livslängd hos fordon utgör den primära kostnaden för korrosionsskador.

Vidare innehåller befintliga effektsamband för olyckor osäkerheter, varför känslighetsanalyser avseende denna kostnadskomponent bör genomföras i samband med scenarioanalyser.

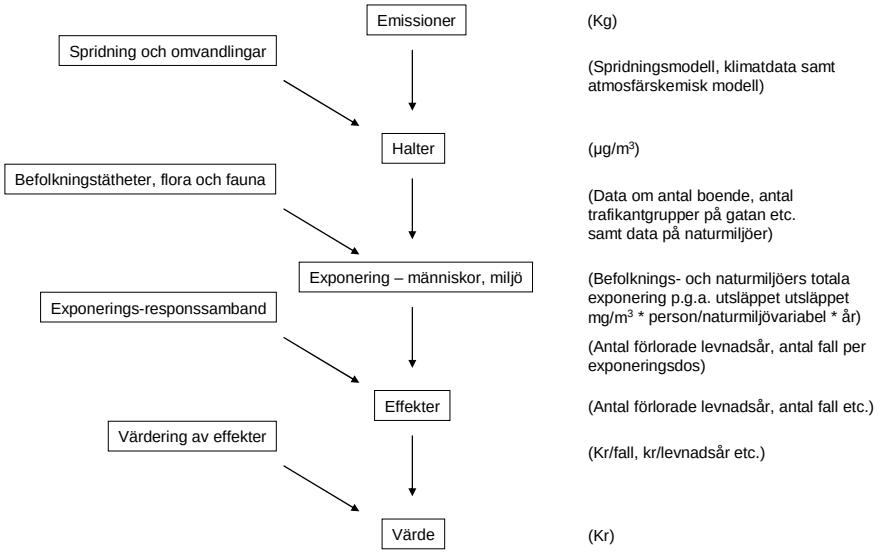
En fråga blir därmed hur det skulle det vara lämpligt att göra för respektive delmodell där effektsamband saknas i Vintermodellen. Generellt kan två alternativa ansatser för kostnadsberäkningar betraktas som möjliga. Så kallad Impact-Pathway modellering utgör en möjlighet och åtgärdskostnadsmetoden en annan.

Impact-Pathway modellering innebär att vissa steg i en kedja av händelser följs. Det betyder att man går från handling/aktivitet via emissioner eller andra så kallade externa effekter till de effekter som dessa i sig ger upphov till.

För varje steg krävs en modell som redogör för relevanta samband. Figur 16 nedan visar de olika stegen som ingår exemplifierat på skador på miljö och hälsa och visar på vilka

[7] Där inte annat anges inkluderas i det följande även effekter på mänsklig hälsa i begreppet miljö.
[8] Se rapportens kapitel 1 för en sammanfattande beskrivning av dessa.
[9] ASEK står för Arbetsgruppen för Samhällsekonomiska Kalkyler, vilken bland annat arbetar med att ta fram och föreslå à-priser för ej marknadsprissatta kostnader.

nivåer olika modeller är en förutsättning för kostnadsberäkningar. Vidare, för denna typ av modellering krävs därmed utdata från respektive steg som går att tillämpa som indata i det efterföljande steget.



Figur 16 Beräkningskedjan från emission till värdering av skador på miljö och hälsa, egen bearbetning av Leksell (1999).

Modellerna för respektive steg i beräkningskedjan kan vara mer eller mindre omfattande och innehålla olika grad av komplexitet och situationer kan uppstå med ofullständigt kända samband för komponenter som ingår i de olika stegen. Därav följer att estimeringar är förenade med mer eller mindre stor osäkerhet. Detta tillsammans med att effektsamband ibland inte kunnat/är svåra att beräknas/beräkna leder till att estimerade värden blir förenade med mer eller mindre stor osäkerhet (värdet längst ner i figur 16).

11.3.2 Effekt- och värderingsanalys

Vi har gjort en genomgång av Vintermodellens delmodeller av direkta och indirekta effekter och därmed direkta och indirekta kostnader. Det innebär en diskussion av effektsamband för de olika delmodellerna samt av värderingsansatser för de kostnadsslag där värderingsstudier saknas idag. Analysen och diskussionen innefattar även kostnader för tredje man. Dessa är i stort sett uteslutande miljörelaterade och kan delas upp i kostnader för saltskador, partikelemissioner samt för tvättning/städning.

När det gäller olyckor innebär dessa kostnader för samtliga tre nämnda grupperingar. Med anledning därav har dessa behandlats i en separat analys.

11.3.3 Väghållare

Direkta kostnader

Direkta kostnader för vinterväghållning utgörs av väghållarens produktions-/drifts-kostnader på marginalen. Dessa kan delas upp i slagen: förebyggande halkbekämpning, kombikörning (plogning + saltning), plogning, sandning, GC-vägar.

Till dessa marginalkostnader tillkommer även vinterorganisationens fasta kostnader samt vissa andra kostnader som utmärkning och tvättning av väg, trumtining och snödikning.

Indirekta kostnader

De indirekta kostnaderna för väghållare kan summeras till slitagekostnader på väg, plogbilar inklusive plog och annan utrustning samt utökad tvättning av bl.a. vägskyltar, fordon och redskap. Någon effektmodell avseende dessa kostnader har inte utvecklats. Det kan dock förväntas att dessa kostnader är små i relation till andra drifts- och under-hållskostnader för väghållaren och övriga samhällsekonomiska kostnader.

11.3.4 Trafikanter

Direkta kostnader

Effekter på trafikanters bränslekostnader ges av ändrade hastigheter och förändrat rull-motstånd vid olika väglag. I Vintermodellen fångas effekter såväl som förändrade kostnader genom delmodellen för fordonskostnader.

Indirekta kostnader

Kostnader för *korrosionsskador* på fordon är principiellt möjligt att estimera med hjälp av Impact-Pathway metoden. Modeller för respektive steg kommer då att krävas och för att ta fram värden behöver empiriska undersökningar genomföras. En eventuell svårig-het med detta kan vara problem med generalisering av resultat från enskilda fall som studeras.

Därutöver kan det också vara förenat med svårigheter att genomföra värderingsstudier för korrosion på fordon. Detta pga. att värderingen ges av marknadsprissatta skillnader mellan fordon. Det kan då vara svårt att separera värdet på korrosionsskador på ett fordon från andra variabler som också påverkar det individuella fordonets skillnad från andra fordon.

Förändringar i *restider* innebär kostnader för trafikanter. I projektet med Vintermo-dellen har sambandet mellan hastigheter och flöden för trafiken som funktion av väglaget studerats. Detta har hittills resulterat i generella samband för fordonskate-gorierna; personbilar, lastbilar utan släp (inklusive bussar) och lastbilar med släp på vägar mellan 6 och 9,5 meters bredd. Olika samband gäller för olika klimatzoner, saltat respektive osaltat vägnät samt med två olika vägbreddsintervall.

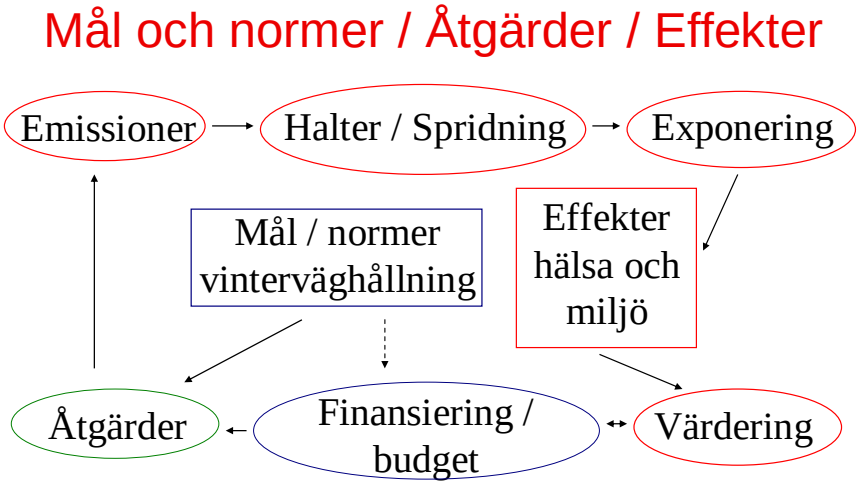
Utifrån dessa samband kan konsekvensanalyser av olika vinterväghållning genomföras som grund för värdering. Värderingssteget innebär att genomsnittliga tidsvärden för nämnda fordonskategorier multipliceras med förändringar i flöden och hastigheter.

11.3.5 Indirekta kostnader som berör tredje man

Miljökostnader saltning

Vinterväghållningens miljökostnader kan delas upp i kostnader för olika typer av saltskador samt ökning av partikelemissioner pga. plogning. De båda kostnadsslagens uppkomst kan schematiskt beskrivas som i figur 17 nedan.

I analogi med Impact-Pathway ansatsen kan emissionerna av både saltning och plogning beskrivas som i figur 17 nedan.



Figur 17 Miljö och hälsokostnader till följd av vinterväghållning – saltning och partikelemissioner som följd av plogning.

Inom ramen för de fastställda mål och normer för vinterväghållningen utformas åtgärdsstrategier, vilka tillsammans med vinterutfall tillsammans med annat som står utanför väghållarens makt påverkar utfallet av åtgärder. Dessa resulterar i sin tur av emissioner av salt och partiklar vilka sprids till omgivningen och ger upphov till förändrade halter i omgivande miljöer etc. Den exponering som detta i sin tur resulterar i ger upphov till olika effekter, vilka i sin tur behöver värderas. Sammantaget är detta innebörden av figur 17.

Tvättning etc.

Det är tänkbart att estimering av kostnader för korrosion går att göra genom summering av kostnader för tvätt av bilar med tillräcklig noggrannhet och med tillräckligt korta intervall för att helt motverka korrosionsskador på fordon. Det kan dock konstateras att inte enbart tvättning av fordon följer av spridningen av salt och sand på vägnätet, även andra saker behöver tvättas i större utsträckning än om dessa aktiviteter inte vidtagits. Dessa kostnader bör även de inkluderas i en CBA på vinterväghållning.

I analogi med detta bör också de kostnader inkluderas, som privata fastighetsägare och företag åsamkas när vattenkvalitén försämras till följd av ökad saltkoncentration i vattentäkter som används. Det kan t.ex. handla om korrosion på vattenledningar och maskiner som hanterar ledningsvatten från egna vattentäkter. Idag saknas kunskap om storleken på kostnader av detta slag, vilket det därför är angeläget att skaffa en bild av.

11.3.6 Olyckor

Inom ramen för arbetet med Vintermodellen har en olyckriskmodell utvecklats som beaktar förändringar i olycksrisk vid olika vinterväglag. Olycksrisk mäts i modellen i termer av genomsnittliga olyckskvoter vid olika väglag. Kvoterna beräknas dels i absoluta mått och dels relativt risken vid torr barmark vintertid. Därutöver beaktas också hur ofta respektive väglag förekommer under vintersäsongen även detta både i absoluta och relativa termer.

Denna modell lämpar sig väl för effektanalyser av olika vinterväghållningsstrategier och åtgärder. Genom multiplikation av beräknade värden på förändringar i antal olyckor som följer av olyckskvotsberäkningar med à-priser på olyckskostnader av olika slag ges kostnadsvärderingar av olyckor.

11.4 Skattefaktor med mera

Det faktum att staten inkräver skatt resulterar i att de beskattade anpassar sig på olika sätt. Exempelvis leder beskattning av individer till att de arbetar mindre än vad de skulle ha gjort i en situation utan beskattning. Ett annat exempel är att högt beskattade varor och tjänster i högre utsträckning produceras av konsumenten själv istället för av ett företag eller liknande.

I det stora hela betyder detta att individer arbetar mindre och att de inte alltid arbetar där de har högst produktivitet. Det betyder i förlängningen att skatteuttag leder till minskad produktion och att ekonomins potential inte utvecklas fullt ut. Detta kan sägas utgöra en kostnad för samhället. I samhällsekonomiska kalkyler för offentligt genomförda investeringar och produktion beaktas detta genom tillämpning av en skattefaktor som i dagsläget är satt till 1,3.

Vidare, varor och tjänster som köps konsumeras av individer och hushåll beläggs vanligtvis med moms medan offentlig produktion inte momsbeläggs på motsvarande sätt. Det betyder att kostnaden för offentligt producerade varor och tjänster bör värderas upp med en faktor motsvarande momsens pålägg på värdet av privata varor. Detta för att bättre återspegla vad konsumenterna är villiga att betala för den offentliga produktionen i slutändan. Med anledning därav räknas produktionsfaktorerna för den offentliga produktionen upp med en momsskattefaktor på 1,23.

Den förstnämnda skattefaktorn brukar benämnas skattefaktor II och skall tillämpas på alla ökningar respektive minskningar på offentliga budgetar. Det betyder att alla kostnader och intäkter för vägverkets verksamhet och som går att hänföra till det med statlig skatt finansierade anslaget skall räknas upp med skattefaktor II. Utgifter som finansieras med hjälp av avgifter till brukarna skall däremot inte räknas upp med denna skattefaktor.

Momsskattefaktorn, skattefaktor I, ska tillämpas på samtliga kostnadsposter som inkluderas i en samhällsekonomisk kalkyl eller budget för offentligt finansierade projekt.

Av den förda diskussionen framkommer att skattefaktorerna I och II enbart bör tillämpas i Vintermodellen för de direkta produktionskostnaderna för plognings- och saltningsverksamheterna. Det betyder att en skattefaktor på 1,53 tillämpas på nämnda kostnader och att endast i undantagsfall ska skattefaktor II exkluderas från kostnadsskattingarna av dessa.

11.5 Referenser och litteratur

Berglund, C.M: **Tema Vintermodell. Nytta och kostnader för vinterväghållning.** VTI notat 55-2005. Linköping. 2005.

Carlsson, A. & Centrell, P. & Öberg, G: **Dubbdäck – Samhällsekonomiska konsekvenser.** VTI meddelande 756. Linköping. 1995.

Carlsson, A. & Centrell, P. & Öberg, G: **Vinterdäck – Effekter av olika regelförslag.** VTI meddelande 757. Linköping. 1995.

Färe, R: **Fundamentals of Production Theory.** Springer Verlag. 1988.

Ihs, A. & Möller, S: **Beräkningsmodell för vinterväghållningskostnader – Fördelning av medel till Vägverkets regioner**. VTI notat 53-2004. Linköping. 2004.

Johansson, P-O et al.: **Värdering av grundvattenresurser – Metoder och tillvägagångssätt.** Naturvårdsverket. Rapport 5142. Stockholm. 2002.

Jorgensen, D.W: **Econometric Methods for Modelling Producer Behaviour. I Handbook of Econometrics.** Ed. Griliches, R & Intriligator, M D. North-Holland. Amsterdam. The Netherlands. 1986.

Leksell, I: **Ekonomisk värdering av luftföroreningar från trafiken, del 1 Värdering av exponeringar samt sammanfattning, underlag till ASEK.** SIKA. Stockholm. 1999.

Rose, A: **Modelling the Macroeconomic Impact of Air Pollution Abatement.** Journal of Regulatory Science 23 (4). 1983.

SIKA: **Översyn av samhällsekonomiska metoder och kalkylvärden på transportområdet.** SIKA. Rapport 2002:4. Stockholm. 2002.

Thunqvist, E-L: **Förorening av grund- och ytvatten till följd av drift och underhåll av vägar. I Miljöproblem vid drift och underhåll av vägar.** KTH Forskningsrapport. Avdelningen för Mark- och vattenresurser. Institutionen för Anläggning och miljö. Stockholm. 2001.

Wallman, C-G et al.: **Tema Vintermodell: Etapp 1.** VTI meddelande 958. Linköping. 2005.

Öberg, G. & Gustafson, K. & Axelsson, L: **Effektivare halkbekämpning med mindre salt – MINSALT-projektets huvudrapport.** VTI rapport 369. Linköping. 1991.

12 Beräkningsmodellen

12.1 Indata

Vägdata

Platsidentifikation
Klimatzon
Driftstandardklass
Längd (km)
Riktning

Trafikdata

Trafik ÅDT
Fordonstypfördelning (PB, LBU, LBS)
Personbilsekvivalenter

Väderdata

Datum
Vädersituation
Snömängd (mm)
Regnmängd (mm)
Lufttemperatur (^{o}C)
Vägtemperatur (^{o}C)
Daggpunktstemperatur (^{o}C)
Vindhastighet (m/s)
Vindriktning

Regelverk

Startkriterier för åtgärder
Åtgärdstider

Åtgärdsdata

Saltgiva (g/m^2)
Sandgiva (g/m^2)
Fordonshastigheter vid åtgärd (km/h)

Olyckskostnadsdata

- Olycksrisker barmark, korrigering väglag
- Olyckstyper
- Konsekvenser
- Olyckskostnader

Fordonskostnadsdata

- Hastigheter barmark, korrigeringsfaktor väglag
- Bränsleförbrukning barmark, korrigeringsfaktor väglag
- Bränslekostnader
- Korrosionskostnader

Restidskostnadsdata

- Hastigheter barmark, korrigeringsfaktor väglag
- Restidskostnader/fordonstyp/timme

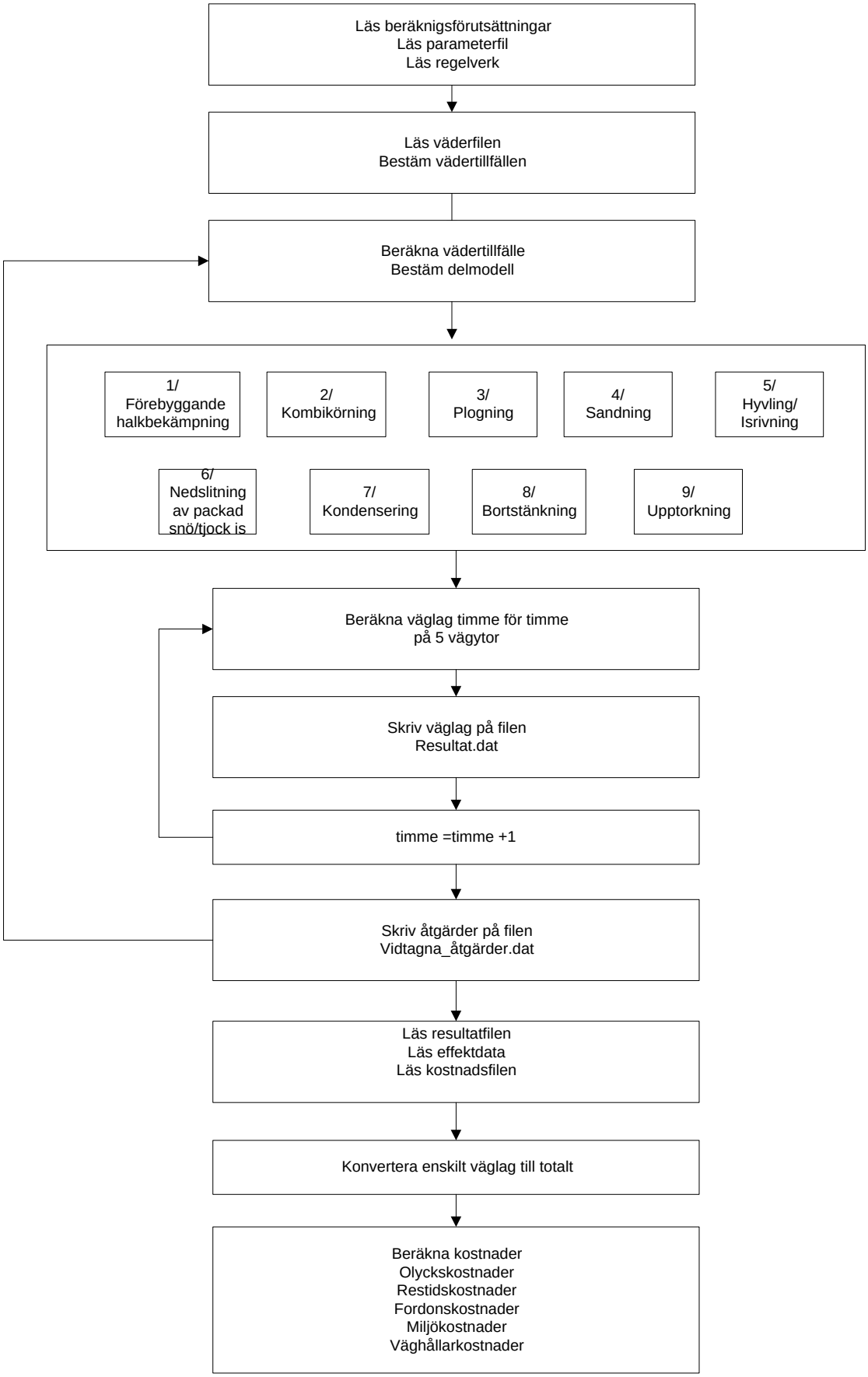
Miljökostnadsdata

- Kostnader marklösen
- Kostnader estetik
- Toleransnivå

Väghållarkostnadsdata

- Åtgärdsfil
- Kostnader/timme för åtgärd

12.2 Schema över beräkningsgången



12.3 Utdata

Resultat
Vintermodellen
Resultat
Version 0.9
2006-05-15
16:27:49
Scenario
Klimatzon
Datum start
Driftstandard
Datum slut
Kr/10km
Olyckskostnader
Restidskostnader
Fordonskostnader
Miljökostnader
Väghållarkostnader
Totala kostnader
Skriv ut
Avbryt

13 Ett första prototyptest

13.1 Förutsättningar

Vägverket framförde under hand ett önskemål om att ett första test av prototypen skulle företas. Testet skulle omfatta effekterna av att övergå från saltad till osaltad väg och vid vilket trafikflöde det blir samhällsekonomiskt lönsamt att sluta salta. De effekter som ingick i försöket är olyckor, restider, bränsleförbrukning och åtgärdskostnader, med de värderingar, som normalt används av Vägverket. Dessutom skulle miljöeffekterna beskrivas och, om möjligt, värderas.

Detta test utfördes under september–oktober 2005, då den nuvarande olycksmodellen inte var färdig.

Värderingarna är gjorda enligt ”Effektsamband 2000”, (Vägverket, 2001), och som man använt i ”Omvärdering av vinterdriftstandard – en konsekvensanalys”, (Vägverket, 2002).

13.2 Metod

Försöket lades upp på så sätt, att 1 000 km väg i klimatzon mellersta Sverige med standardklass A4 skulle förändras till standardklass B1 (enligt Drift 96). Väglagsfördelningarna för A4 respektive B1 antogs vara de, som observerades under vintersäsongen 1993–1994 och som använts i tidigare sammanhang.

Beräkningarna gjordes med den preliminära, enkla metod som redovisats i VTI notat 73-2001: Effektmodell vinterväghållning – en översiktlig beräkningsmodell för vinterväghållningens effekter (Wallman, 2001), och med de värderingar som använts av Vägverket i: Omvärdering av vinterdriftstandard (Vägverket, 2002).

Effekterna beräknades för fyra trafikflöden, med årsdygnstrafiken 1 000, 2 000, 3 000 och 4 000 fordon. Väglagsfördelningarna för osaltad väg antas vara beroende av trafikflödet, dvs. ju större trafikflöde, desto färre dagar med vinterväglag. För att försöka ta hänsyn till detta skapades tre fiktiva väglagsfördelningar: B1–, B1+ och B1++, se nedanstående tabell.

Tabell 17 Väglagsfördelningar, saltad väg och fyra osaltade alternativ.

Väglag	Alla ÅDT	ÅDT 1000	ÅDT 2000	ÅDT 3000	ÅDT 4000
	A4	B1–	B1	B1+	B1++
TB	55	50	51	52	53
FB	48	29	31	37	42
VB	39	22	23	28	33
PS/TJI	4	36	33	23	14
TUI/RIM	7	15	14	12	10
LS/SM	29	30	30	30	30

Åtgärdskostnader för förebyggande halkbekämpning och kombikörning för saltad väg samt för plogning och sandning för osaltad väg, beräknades schablonmässigt enligt den fördelningsmodell som VTI tagit fram åt Vägverket, (Ihs och Möller, 2004). Även

åtgärdskostnaderna justerades med hänsyn till trafikflödena: för saltad väg minskar kostnaderna med ökande flöde, men för osaltad väg ökar kostnaderna med flödet. Kostnaderna för grundalternativen framgår av tabell 18.

Tabell 18 Åtgärdskostnader för alternativ A4 respektive B1.

Förebyggande (A4)		Kombi (A4)		Plogning (B1)	Sandning (B1)
Fordon/förare	Salt	Fordon/förare	Salt	Fordon/förare	Fordon/förare/sand
3,5	2,3	3,7	3,5	2,3	3,8

Saltad väg kostar alltså 13,0 Mkr och osaltad väg 6,1 Mkr. Kostnaderna gäller för ÅDT 2 000. För saltad väg med ÅDT 1 000 antas totalkostnaden vara ca 20 % högre och för ÅDT 3 000 ca 10 % lägre än för ÅDT 2 000. För osaltad väg med ÅDT 1 000 antas sandningskostnaden vara ca 25 % lägre och för ÅDT 3 000 ca 25 % högre än för ÅDT 2 000. Ungefär motsvarande justeringar gjorde vi sedan för ÅDT 4 000.

Beträffande effekterna, så beräknas olyckskvoter, restider och bränsleförbrukning enligt de modeller som finns i ”Effektmodell vinterväghållning”. För olyckornas del måste vi dessutom skatta olyckstyper och konsekvenser och hur dessa fördelar sig på olika väglag för att kunna göra en total värdering. Detta har vi gjort genom att studera olyckor under 90-talet, uppdelade på olyckstyper, konsekvenser, driftstandardklasser och väglag.

Olyckstyperna är singel-, mötes-, upphinnande och övriga olyckor; konsekvenserna är antal döda, antal svårt skadade, antal lätt skadade i genomsnitt per olycka samt andel egendomsskadeolyckor.

För olyckstyper och konsekvenser antogs (efter mycket funderande), att de värden som tagits fram för A3+A4-vägar skulle gälla även sedan vägnätet övergått till att vara osaltat. Vägnätet som sådant har ju kvar samma trafikflöde, samma utformning och samma hastighetsbegränsning. Andelarna av olika olyckstyper och konsekvenser framgår av nedanstående tabeller.

Tabell 19 Andelar av olyckstyper på A3–A4-vägar, fördelade på väglag.

	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga
TB	0,29	0,09	0,09	0,53
FVB	0,32	0,11	0,09	0,48
PS	0,47	0,15	0,08	0,30
TUI	0,67	0,10	0,08	0,14
LS	0,52	0,20	0,08	0,19

Tabell 20 Konsekvenser för olika olyckstyper på A3–A4-vägar, torr barmark.

	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga
Dödsföljd	0,01	0,10	0,01	0,02
Antal SS	0,14	0,20	0,06	0,10
Antal LS	0,35	0,38	0,43	0,40
Andel EO	0,59	0,62	0,66	0,56

Tabell 21 Konsekvenser för olika olyckstyper på A3–A4-vägar, våt/fuktig barmark.

	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga
Dödsföljd	0,02	0,08	0,01	0,02
Antal SS	0,14	0,24	0,06	0,13
Antal LS	0,34	0,44	0,48	0,41
Andel EO	0,59	0,61	0,63	0,55

Tabell 22 Konsekvenser för olika olyckstyper på A3–A4-vägar, packad snö/tjock is.

	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga
Dödsföljd	0,00	0,03	0,00	0,01
Antal SS	0,03	0,20	0,02	0,13
Antal LS	0,26	0,55	0,26	0,39
Andel EO	0,74	0,52	0,70	0,56

Tabell 23 Konsekvenser för olika olyckstyper på A3–A4-vägar, tunn is/rimfrost.

	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga
Dödsföljd	0,01	0,09	0,00	0,02
Antal SS	0,11	0,47	0,09	0,17
Antal LS	0,43	0,80	0,58	0,46
Andel EO	0,57	0,43	0,55	0,53

Tabell 24 Konsekvenser för olika olyckstyper på A3–A4-vägar, lös snö/snömodd.

	Singel	Mötes	Upphinnande	Övriga
Dödsföljd	0,01	0,06	0,00	0,02
Antal SS	0,08	0,36	0,06	0,15
Antal LS	0,33	0,78	0,37	0,41
Andel EO	0,63	0,48	0,70	0,57

13.3 Resultat

Värderingarna av effekterna har vi gjort enligt ”Effektsamband 2000”. Dessa framgår av följande tabeller (år 1999).

Tabell 25 Värdering av konsekvenser av polisrapporterade olyckor, kkr.

Dödsfall	14300
Svårt skadad	6200
Lätt skadad	360
Egendomsskada	90

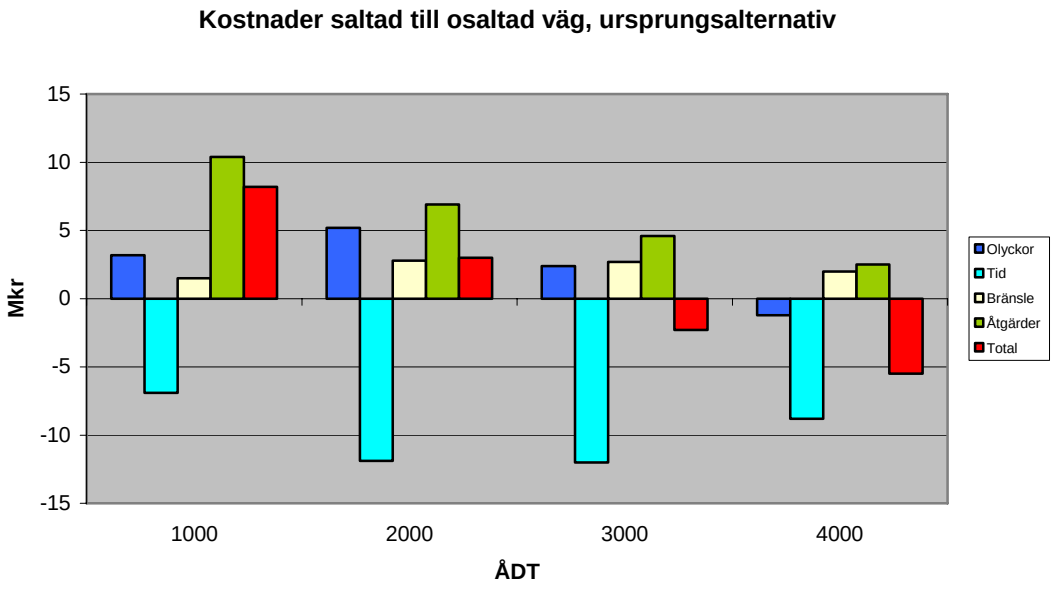
Tabell 26 Värdering av restid och bränsle för olika fordonskategorier.

Kategori	Restid kr/tim	Bränsle kr/l
Personbilar	70	3,85
Lastbilar utan släp	226	4,99
Lastbilar med släp	266	4,99

Resultatet av prototypberäkningarna framgår av tabell 27. Konsekvenserna av att övergå från saltad till osaltad väg för varje post blir kostnaden för saltat minus kostnaden för osaltat alternativ för varje ÅDT-klass. Resultatet visas i figur 18, där även den totala kostnadsdifferensen framgår. Ur figuren kan man dra slutsatsen att övre ÅDT-gränsen för osaltad väg bör vara cirka 2 570.

Tabell 27 Kostnader för de olika effekterna vid de olika alternativen.

	ÅDT 1000		ÅDT 2000		ÅDT 3000		ÅDT 4000	
	A4	**B1–**	**A4**	**B1**	**A4**	**B1+**	**A4**	**B1++**
Olyckor	106,1	102,9	212,1	206,9	318,2	315,8	424,3	425,5
Restid	153,9	160,8	307,9	319,8	461,8	473,8	615,8	624,6
Bränsle	60,5	59,0	121,1	118,3	181,6	178,9	242,2	240,2
Åtgärder	15,6	5,2	13,0	6,1	11,7	7,1	10,5	8,0



Figur 18 Kostnadsfördelning för de olika alternativen.

Åtskilliga data i denna första prototyptest är skattade med ”ingenjörsmässiga metoder”, så resultatet bör betraktas med stor försiktighet. En liten känslighetsanalys är därför på sin plats. Denna görs enbart för åtgärdskostnaderna, ett annat alternativ vore väglagsfördelningarna för de olika B1-varianterna, men resultaten verkar vara tämligen okänsliga för marginella förändringar där.

Olycks-, bränsleförbruknings- och restidsmodellerna tycker vi är tillräckligt stabila som de är för den här beräkningen.

Två varianter för åtgärdskostnader har konstruerats:

1. Minskad inverkan av trafik på den saltade vägen, innebärande 10 % högre kostnad för ÅDT 1 000 och 5 % lägre kostnad för ÅDT 3 000 än för ÅDT 2 000. Osaltade alternativ oförändrade
2. Ökad inverkan av trafik på den osaltade vägen, innebärande ca 50 % lägre sandningskostnad för ÅDT 1 000 och 50 % högre sandningskostnad än för ÅDT 2 000. Saltade alternativ oförändrade.

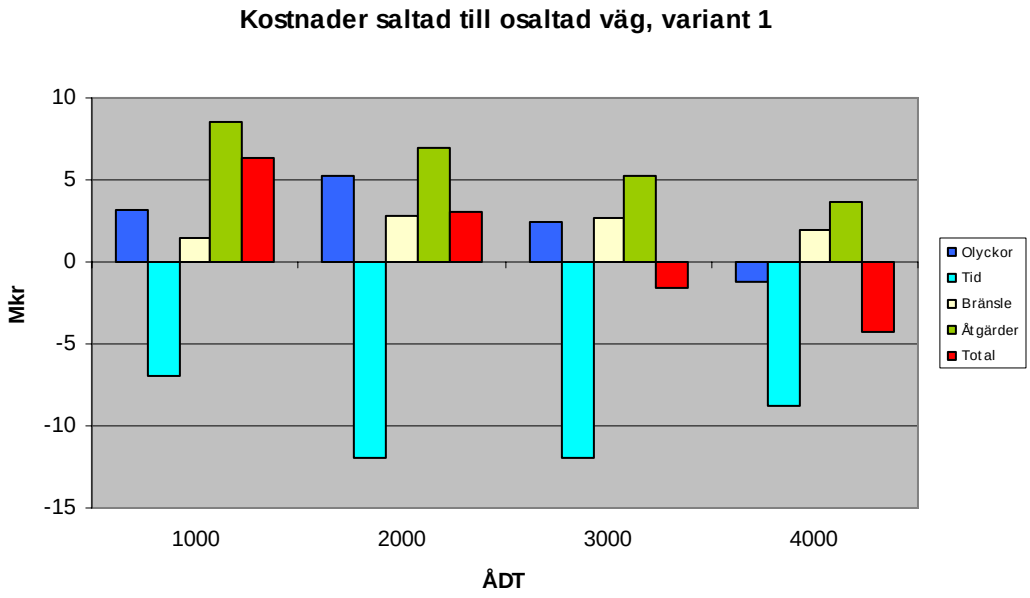
Varianterna visas i tabell 28.

Tabell 28 Förändringar av åtgärdskostnader.

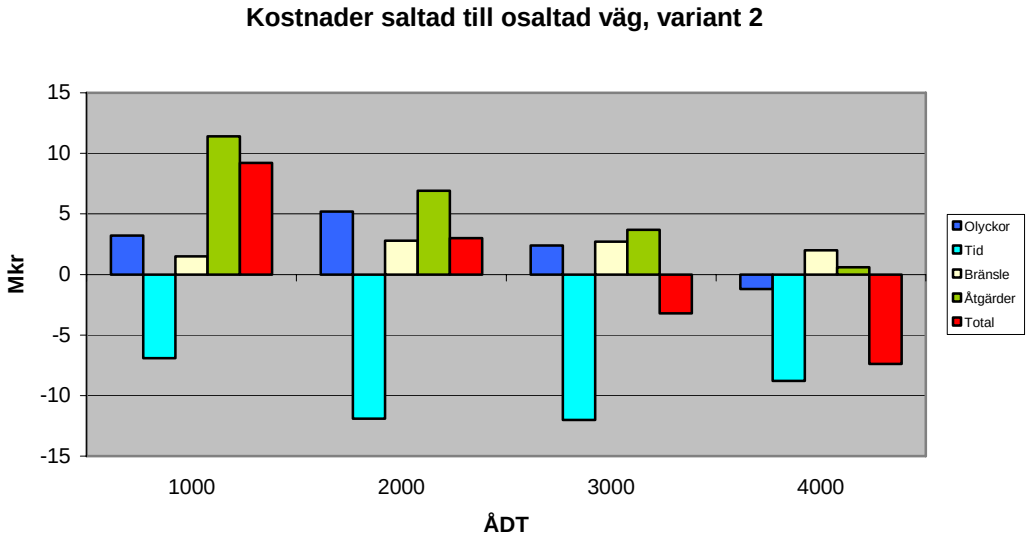
ÅDT	1 000	2 000	3 000	4 000
Alt 1 (A4)	13,7	13,0	12,4	11,7
Alt 2 (B1– - B1++)	4,2	6,1	8,0	9,9

Resultaten visas i figur 19 och 20. Gränsen för övergång till osaltat vägnät går vid ÅDT ca 2 570 fordon vid det ursprungliga förslaget, vid ÅDT ca 2 650 vid variant 1, och vid ÅDT ca 2 480 fordon vid variant 2, dvs. resultaten är relativt okänsliga för förändringar i åtgärdskostnaderna.

När detta skrives, kommer miljöaspekterna att redovisas senare. Eftersom miljökostnaderna kommer att vara högre för saltat vägnät, kommer gränsen att förskjutas mot ett högre ÅDT.



Figur 19 Kostnadsfördelning, variant 1.



Figur 20 Kostnadsfördelning, variant 2.

13.4 Referenser och litteratur

Ihs, A. & Möller, S: **Beräkningsmodell för vinterväghållningskostnader.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. Notat 53-2004. Linköping. 2004.

Wallman, C-G: **Effektmodell vinterväghållning – en översiktlig beräkningsmodell för vinterväghållningens effekter.** Statens väg- och transportforskningsinstitut. Notat 73-2001. Linköping. 2001.

Vägverket: **Effektsamband 2000. Gemensamma förutsättningar.** Vägverket. Publikation 2001:75. Borlänge. 2001.

Vägverket: **Omvärdering av vinterdriftstandard – en konsekvensanalys.** Enheten för statlig väghållning. Vägverket. Borlänge. 2002.

14 Fortsatt FOU

Fortsatt FOU för delmodellerna finns redovisad i respektive kapitel. Här tillfogas några generella synpunkter för fortsättningen.

För att modellen skall fylla målet att bli ett verktyg för att beräkna de samhällsekonomiska effekterna av vinterväghållningsåtgärder och -strategier, krävs att delmodellerna känslighetstestas och kalibreras. Kompletterande fältmätningar behöver därför genomföras, utvärderas och implementeras. Detta arbete omfattas av etapp 3, som löper under 2006 och 2007. Ytterligare kompletteringar och kalibreringar kan erfordras efter 2007.

Delmodellerna känslighetstestas genom att värden på ingående parametrar varieras, för att utröna vilka parametrar som är mest betydelsefulla för slutresultatet. Dessutom kalibreras delmodellerna efter jämförelser mellan modellkörningar och praktikfall.

Förväntat resultat.

I det förväntade resultatet ligger att modellen skall kunna hantera:

- Fördelning av väglag
- Restider för personbil respektive lastbil
- Olycksantal (dödlig utgång/svår personskada/övriga), med struktur enligt EVA-modellen
- Åtgärdstillfällen (snöröjning/hyvling/halkbekämpning)
- Resursförbrukning (sand/salt).

Avslutningsvis är det önskvärt att vi kan bibehålla det värdefulla nordiska erfarenhetsutbyte inom projektet, som vi haft under etapp 1 och 2.

www.vti.se
vti@vti.se

VTI är ett oberoende och internationellt framstående forskningsinstitut som arbetar med forskning och utveckling inom transportsektorn. Vi arbetar med samtliga trafikslag och kärnkompetensen finns inom områdena säkerhet, ekonomi, miljö, trafik- och transportanalys, beteende och samspel mellan människa-fordon-transportsystem samt inom vägkonstruktion, drift och underhåll. VTI är världsledande inom ett flertal områden, till exempel simulatorteknik. VTI har tjänster som sträcker sig från förstudier, oberoende kvalificerade utredningar och expertutlåtanden till projektledning samt forskning och utveckling. Vår tekniska utrustning består bland annat av körsimulatorer för väg- och järnvägstrafik, väglaboratorium, däckprovnings-anläggning, krockbanor och mycket mer. Vi kan även erbjuda ett brett utbud av kurser och seminarier inom transportområdet.

VTI is an independent, internationally outstanding research institute which is engaged on research and development in the transport sector. Our work covers all modes, and our core competence is in the fields of safety, economy, environment, traffic and transport analysis, behaviour and the man-vehicle-transport system interaction, and in road design, operation and maintenance. VTI is a world leader in several areas, for instance in simulator technology. VTI provides services ranging from preliminary studies, highlevel independent investigations and expert statements to project management, research and development. Our technical equipment includes driving simulators for road and rail traffic, a road laboratory, a tyre testing facility, crash tracks and a lot more. We can also offer a broad selection of courses and seminars in the field of transport.

vti

HUVUDKONTOR/HEAD OFFICE
LINKÖPING
POST/MAIL SE-581 95 LINKÖPING
TEL +46(0)13 20 40 00
www.vti.se

BORLÄNGE
POST/MAIL BOX 760
SE-781 27 BORLÄNGE
TEL +46 (0)243 446 860

STOCKHOLM
POST/MAIL BOX 6056
SE-171 06 SOLNA
TEL +46 (0)8 555 77 020

GÖTEBORG
POST/MAIL BOX 8077
SE-402 78 GÖTEBORG
TEL +46 (0)31 750 26 00