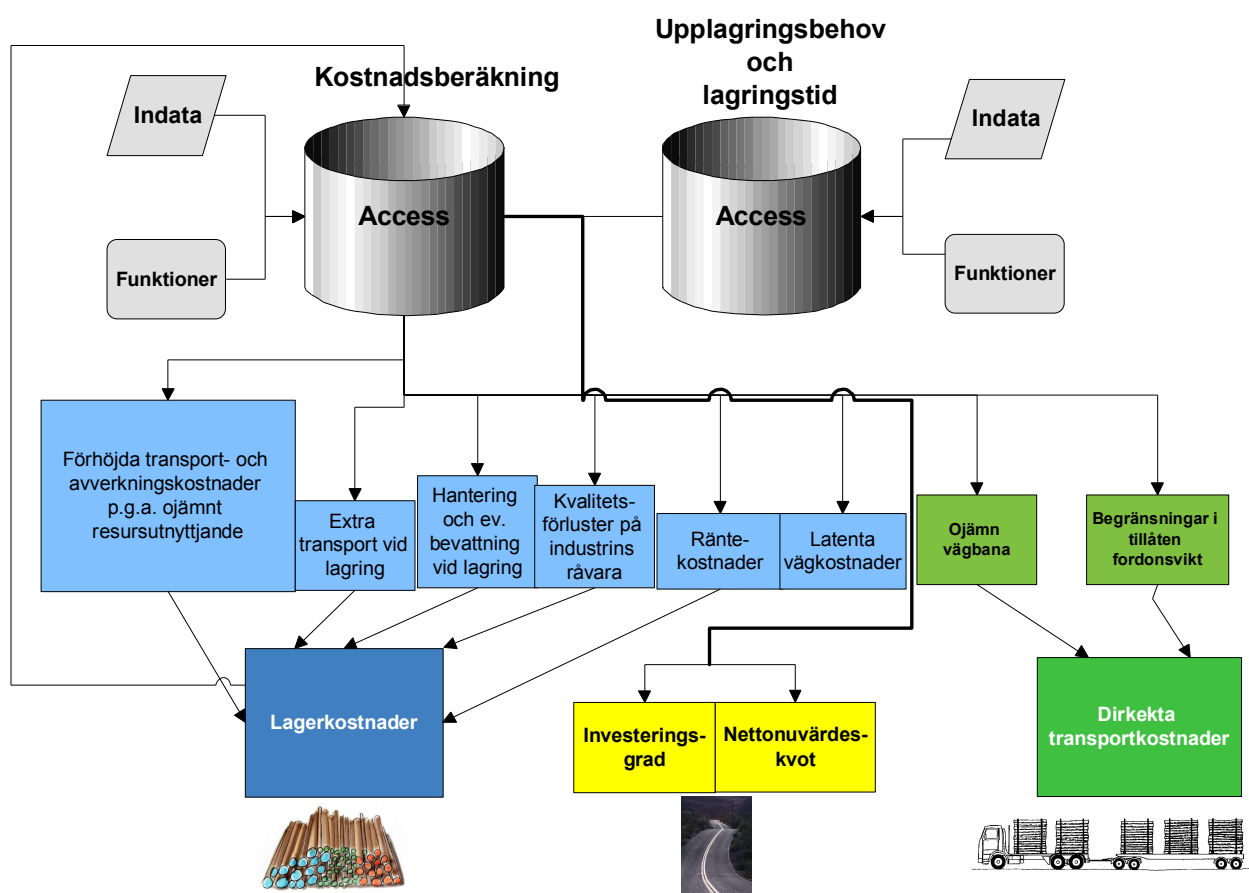


Modell för beräkning av kostnader orsakade av bristande bärighet i vägnätet

Per-Åke Arvidsson & Martin Holmgren



Omslag: Simuleringsverktyg **Illustratör:** Per-Åke Arvidsson
Ämnesord: Vägar, tjälsäkring, kostnadsmodell, lager, kvalitetskostnad, transport

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plant-skolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

ISSN 1404-305X

Innehåll

Inledning.....	3
Bakgrund	3
Syfte.....	4
Modellbeskrivning.....	4
Allmänt	4
Antaganden	5
Beräkning av upplagringsvolym	5
Beräkning av ingående kostnadsposter.....	6
Kvalitetskostnad	6
Timmerkostnad	7
Sulfatkostnad.....	8
TMP-kostnad	10
Total värdeförlust.....	11
Kostnad för ojämnt utnyttjande	12
Hanteringskostnad.....	12
Kostnad för extra transport	13
Räntekostnad.....	13
Kostnad för bärighetsrestriktioner.....	13
Kostnad för ytojämnhet	14
Alternativ väg	14
Hantering av olika policies vid bärighetsbegränsning	14
Totalkostnad	16
Lönsamhetsberäkningar	16
Samband mellan investeringar och ökad tillgänglighet	16
Nettonuvärdeskvot.....	16
Investeringsgrad.....	17
Simuleringsverktyg	19
Diskussion	20
Jämförelse med tidigare modell.....	20
Geografisk upplösning.....	20
Tidsmässig upplösning.....	20
Kvalitetskostnader	20
Ytojämnhet.....	20
Upplösning på bärighetsklasser	21
Lönsamhetsberäkningar.....	21
Kritiska variabler	21
Simulering	21
Tester	22
Referenser.....	22

Inledning

Bakgrund

Bärighetsproblem i samband med skogstransporter förorsakar stora problem med virkesflödena under våren, när tjälen går ur marken. Vissa vägavsnitt klarar då inte tunga transporter över huvud taget, medan andra riskerar att bli kraftigt skadade med stora upprustningskostnader som följd. Vägverket begränsar därför på dessa vägavsnitt transporterna till ett maximalt axeltryck på 8 ton eller boggitryck på 12 ton. Detta diskvalificerar skogstransporter på dessa vägar.

Bärighetsproblemen får som följd att virke under tjällossningen ”låses” bakom avstängda vägar. Den minskade tillgängligheten på råvara och bristande standard på de statliga vägarna orsakar skogsnäringen kostnader dels kopplade till det lager man måste bygga upp för att klara försörjningen av sin industri under vårperioden, dels i direkta ökningar av transportkostnaderna kopplad till bristande vägstandard (lägre bärighet och försämrad ytojämnhet) på delar av det statliga vägnätet.

Utvecklingen av svensk skogsindustri bygger allt tydligare på en säkerställd försörjning av råvara av hög kvalitet. De senaste åren har utvecklingen gått stadigt mot allt högre kvalitetskrav samtidigt med en ökad differentiering av råvaran i flera, produktspecifika sortiment. Exempel där kraven på ökad uppdelning och kraftigt höjda kvalitetskrav (speciellt färskhetskrav) varit tydliga, är förbättrat tryckpapper respektive LWC-papper, men även industrin i övrigt (såväl massa/pappersindustri som sågverk) ökar successivt kraven på råvaran. Denna trend mot högre kvalitetskrav och ökad differentiering av råvaruflödena ställer nya, tuffare krav på tillgängligheten på råvaran och därmed ökar behovet av att kunna nå avverkade volymer under hela året.

Då nära 100 % av virket någon sträcka mellan skog och industri transporteras med lastbil på bilväg har vägarna kommit att spela en så betydande roll, att bärigheten på landets vägar avgör möjligheten för den svenska skogsindustrin att producera konkurrenskraftiga produkter.

På uppdrag av Kommunikationsforskningsberedningen (KFB), Skogsindustrierna, LRF Skogsägarna och Sågverkens riksförbund genomförde SkogForsk under 1994 en utredning ”Vägstandardens inverkan på skogsindustrins råvara” (Bjurulf m.fl., 1994).

I samband med denna utredning utvecklades en modell för att beräkna skogsbrukets kostnader av en bristande standard på vägnätet.

Skogsindustrierna, Sågverkens riksförbund och LRF Skogsägarna har med stöd av KFB initierat en studie, för att beskriva de ekonomiska konsekvenserna för skogsnäringen av en bristande standard på det statliga vägnätet. Avsikten är att denna studie skall utgöra ett av många underlag i arbetet med att färdigställa den strategiska analysen inför den kommande planeringsprocessen för åtgärder i transportinfrastrukturen under åren 2002–2011.

Då förutsättningarna i många avseenden skiljer sig åt i dag jämfört med tiden för den tidigare utredningen har en utveckling av modellen för beräkning av

skogsbrukets kostnader setts som nödvändig. Samtidigt har kraven ökat på en mer differentierad analys för att kunna belysa de regionala konsekvenserna.

Syfte

Syftet med föreliggande studie har varit att vidareutveckla den sedan tidigare framtagna modell (Bjurulf m.fl., 1994) för beräkning av sambandet mellan en bristande vägstandard och för skogsnäringen därmed sammanhängande kostnader. Syftet har varit att ta fram en modell för att kunna göra simuleringar och konsekvensanalyser ur ett regionalt perspektiv.

Modellbeskrivning

Allmänt

Generellt kan sägas att modellen bygger på att beräkna skogsnäringens kostnader kopplade till begränsad tillgänglighet till de statliga vägarna.

Kostnaderna grundar sig på **direkta transportkostnader** och **lagerkostnader**.

De **direkta transportkostnaderna** orsakas av att transportkapaciteten inte kan utnyttjas fullt ut då lastbilarna måste gå med reducerad last, samt att en ojämn vägbana medför ett ökat slitage på fordon och en ökad tidsåtgång för transport.

Lagerkostnaderna är kopplade till det lager som byggs för att säkerställa industrins behov av råvara under den tid då många vägar är bärighetsbegränsade. Detta lager medför en rad kostnader.

De direkta transportkostnaderna beror på:

- Begränsningar i tillåten fordonsvikt.
- Ojämn vägbana.

Lagerkostnaderna omfattar:

- Förhöjda transport och avverkningskostnader p.g.a. ett ojämnt resursutnyttjande.
- Extra transport vid lagring.
- Hantering och eventuell bevattning vid lagring.
- Kvalitetskostnader, som består av processkostnad för kvalitetsbrister på industrins råvara samt direkt prispåverkande effekt på industrins produkter (marknadseffekt).
- Räntekostnader.

Modellen bygger på en uppdelning av det studerade området i resultatområden. Storleken på resultatområdena kan varieras men bör väljas med utgångspunkten att virkesflöden **inte** strömmar från ett resultatområde till ett annat, se antagande 6 nedan.

Varje resultatområde kan med fördel delas in i flera delområden, för att få en mera nyanserad statistik över av fr.a. vägnätet och avverkningsvolymen.

Antaganden

För att kunna beräkna samband och kostnader måste ett antal grundläggande antaganden göras. Dessa antaganden är följande:

- Antagande 1: Industrins förbrukning är jämn över året.
- Antagande 2: Det uppbyggda lagret är exakt avpassat för att räcka hela tjälavstängningsperioden, och inget virke fastnar bakom avstängda vägar.
- Antagande 3: Lageruppbyggnaden inför tjällossningsstart får tidigast starta i oktober p.g.a. kvalitetsförluster på virke under den varma årstiden.
- Antagande 4: I modellen finns ingen möjlighet att under tjällossningsperioden öka avverkningarna utefter tjälsäkra vägar.
- Antagande 5: I modellen förutsätts avverkningarna ligga jämnt utspridda över vägnätet. Denna förenkling gör det möjligt att räkna om väglängder till avverkade volymer. Man kan t.ex. koppla avstängd väglängd till utebliven produktion av virke.
- Antagande 6: Flöde mellan resultatområden för utnyttjande av skillnader i tjällossningstidpunkt förekommer inte i modellen.

Beräkning av upplagringsvolym

Beräkningen av upplagringsvolym grundar sig på industrins förbrukning samt den bärighetsbegränsning, uttryckt i dygnskilometer¹, som är aktuell i respektive resultatområde. Lagringsvolymen är den volym virke som låses bakom för tung trafik avstängda vägar och som därmed måste lagras upp under perioden från 1:a oktober fram till tjällossningsstart.

¹ Dygnskilometer = Antal bärighetsbegränsade kilometer · Antal bärighetsbegränsade dygn

I modellen beräknas upplagringsvolymen per resultatområde enligt följande formel;

$$Lvol = \text{Årsvol} \cdot \frac{\left(\frac{\sum_{n=1}^N A_{iid_n} \cdot Bbvl_n \cdot Vol_n}{\sum_{n=1}^N Vol_n} \right)}{365 \cdot Vl}$$

där N är antalet delområden

$Lvol$ = lagringsbehov (m^3 fub)

Årsvol = årsuttag i resultatområdet (m^3 fub)

A_{iid_n} = medelbegränsningstid i delområde n (dagar)

$Bbvl_n$ = bärighetsbegränsad väglängd i delområde n (km)

Vol_n = avverkningsvolym i delområde n (m^3 fub)

Vl = väglängd i resultatområdet (km)

Vägavstängningen i de olika delområdena viktas med avverkningsvolymen i respektive delområde, då områden med mycket avverkning drabbas hårdare av vägavstängningar.

För att kunna beräkna de kostnader som är förknippade med virkets lagringstid beräknas upplagringsvolymens fördelning på veckovis lagringstid. Detta görs genom att relatera den avstängda väglängdens fördelning på veckor. Sedan översätts andelen av vägnätet som är avstängt i respektive veckoklass till volym genom antagande 5 (se Antaganden, sid 5).

$$Lagvol_t = Lvol \cdot \left(\frac{Bbvl_t}{Bbvl} \right)$$

$Lagvol_t$ = Volym som lagras t veckor (m^3 fub)

$Lvol$ = lagringsbehov (m^3 fub)

$Bbvl_t$ = bärighetsbegränsad väglängd i t veckor

$Bbvl$ = bärighetsbegränsad väglängd i resultatområdet (km)

Beräkning av ingående kostnadsposter

Kvalitetskostnad

Kvalitetskostnaderna skiljer sig åt beroende på vilken industrityp som studeras. Av denna anledning finns i modellen en differentiering av skogsindustrins kvalitetskostnader mellan de olika industrityperna sulfatindustri (barr respektive löv), TMP-industri samt sågverk. Kostnaderna för de olika industrityperna är delvis relaterade till virkets lagringstid. Som indata till modellen används därför kostnader differentierat på lagringstid för olika industritypers råvara.

Timmerkostnad

Kostnaden för sågtimmer beskrivs som en funktion av lagringstiden.

$$K_{timmer}(t) = \sum_{i=1}^n (a_i(t) \cdot K_i)$$

där n är antalet kostnadsposter

$K_{timmer}(t)$ = timmerkostnad vid lagringstiden t (kr/m³ fub)

K_i = kostnadspost i

$$a_i(t) = \frac{1}{z_i} \cdot t \cdot bryt1_i(t) + bryt2_i(t)$$

$bryt1_i = 1$ då $t < z_i$ och 0 då $t \geq z_i$

$bryt2_i = 0$ då $t < z_i$ och 1 då $t \geq z_i$

t = lagringstid

z_i = tid till maxkostnad för respektive kostnadspost

Indata utgörs av följande kostnadsposter;

Kostnad för reklamation. När den färdiga produkten p.g.a. en dålig råvara får sämre kvalitet än normalt tvingas man att ge ”kvalitetsbristrabatter” vid försäljningen.

Kostnad för nedklassning. Vid lagring kan torkningsskador inne i stocken, insektskador, svampangrepp, missfärgningar samt permeabilitetsskador uppstå. Alla dessa skador orsakar nedklassning av kvaliteten med ett lägre värde på timret som följd.

Kostnad för avkap. Vid lagring av timmer fr.a. under perioden april–okt ökar risken för torksprickor. Vid torksprickor i ändytan av stocken uppkommer kostnader genom de avkap som man tvingas göra efter sönderdelning.

Utöver detta finns det kostnader som inte är beroende på virkets lagringstid utan avhängiga på vilken tid på året som virket lagras. Dessa är;

K_{som} = kostnad för bevattning av sommarlager (från 1:a juni) (kr/m³ fub)

K_{ned} = kostnad för kvalitetsnedklassning p.g.a. blånad

(furu klass I till klass III från 1:a juni) (kr / m³ fub)

Totalkostnaden för timmer blir;

$$K_{ti} = (K_{som} \cdot Lagvol_{juni} \cdot and_{ti}) + (K_{ned} \cdot Lagvol_{juni} \cdot and_{tjfl}) + \sum_{t=1}^T (K_{timmer}(t) \cdot Lagvol_t \cdot and_{ti})$$

K_{ti} = totalkostnad timmer (kr)

$K_{timmer}(t)$ = timmerkostnad vid lagringstid t (kr/m³ fub)

$Lagvol_t$ = volym som lagras t veckor (m³ fub)

and_{ti} = andel timmer

T = tiden som det äldsta virket lagrats

and_{tjfl} = andel timmer, furu klass I

$Lagvol_{juni}$ = volym som lagras från första juni

Sulfatkostnad

Kostnaden för sulfatråvara är uppdelad på kostnad för *barrmassaved* respektive *lövmassaved*. Kostnaderna för respektive sulfatsortiment (barr och löv) beskrivs som en funktion av lagringstiden.

Barrfunktion;

$$K_{barr}(t) = \sum_{i=1}^n (a_i(t) \cdot K_i)$$

där n är antalet kostnadsposter

$K_{barr}(t)$ = barrsulfatkostnad vid lagringstiden t (kr/m³ fub)

K_i = kostnadspost i

$$a_i(t) = \frac{1}{z_i} \cdot t \cdot bryt1_i(t) + bryt2_i(t)$$

$bryt1_i = 1$ då $t < z_i$ och 0 då $t \geq z_i$

$bryt2_i = 0$ då $t < z_i$ och 1 då $t \geq z_i$

t = lagringstid

z_i = tid till maxkostnad för respektive kostnadspost

Lövfunktion;

$$K_{\text{lov}}(t) = \sum_{i=1}^n (a_i(t) \cdot K_i)$$

där n är antalet kostnadsposter

$K_{\text{lov}}(t)$ = lövsulfatkostnad vid lagringstiden t (kr/m³ fub och)

K_i = kostnadspost i

$$a_i(t) = \frac{1}{z_i} \cdot t \cdot \text{bryt1}_i(t) + \text{bryt2}_i(t)$$

$\text{bryt1}_i = 1$ då $t < z_i$ och 0 då $t \geq z_i$

$\text{bryt2}_i = 0$ då $t < z_i$ och 1 då $t \geq z_i$

t = lagringstid

z_i = tid till maxkostnad för respektive kostnadspost

Indata utgörs av följande kostnadsposter;

Kostnad för produktionsförluster uppkommer genom en minskad snabbhet i processerna som till exempel längre koknings-, tömnings- och torkningstider. Var i produktionen som förlusterna uppstår skiljer sig åt mellan olika produktionsenheter och beror på var de olika flaskhalsarna sitter.

Kostnad för renseriförluster utgörs av ett sämre utbyte, barkningsförluster och mindre biprodukter.

Kostnad för energiförluster uppstår genom att minskad produktion ger ett mindre utbyte per insatt energienhet.

Kostnad för kvalitetsförluster. Med en icke färsk råvara erhålles en svagare fiber, ojämna massstyrka samt en ojämn ligninhalt. Fibern har en dålig kvalitet redan i början av processen p.g.a. att veden är lagrad. Till detta kommer ytterligare försämring av fiberkvaliteten genom de produktionsstörningar som uppstår.

Kostnad för prisrelaterade marknadseffekter. När den färdiga produkten p.g.a. en dålig råvara får sämre kvalitet än normalt tvingas man att ge ”kvalitetsbrist-rabatter” vid försäljningen.

Totalkostnad för sulfat blir;

$$K_{su} = \sum_{t=1}^{T_b} (K_{barr}(t) \cdot Lagvol_t \cdot and_{barr}) + \sum_{i=1}^{T_l} (K_{lov}(t) \cdot Lagvol_t \cdot and_{lov})$$

K_{su} = totalkostnad sulfat (kr)

$K_{barr}(t)$ = barrsulfatkostnad vid lagringstiden t (kr/m³ fub)

$K_{lov}(t)$ = lövsulfatkostnad vid lagringstiden t (kr/m³ fub)

$Lagvol_t$ = volym som lagras t veckor (m³ fub)

and_{barr} = andel sulfatved

and_{lov} = andel sulfatved

T_b = tiden som den äldsta barrveden lagrats

T_l = tiden som den äldsta lövveden lagrats

TMP-kostnad

Kostnaden för råvaran till TMP-industrin är beroende av hur stor andel av råvaran som bevattnas. *Granmassaved som är bevattnad och färskare än tre veckor vid tjällossningsstart samt den delen av granmassaveden som inte bevattnas* ger en kostnad som beskrivs som en funktion av lagringstiden. I denna funktion ingår även kostnadsfunktionen för sulfatråvara från och med fyra veckors lagringstid, beroende på att TMP-industrin inte tar emot virke äldre än tre veckor och virket således måste tas in i sulfatprocessen.

Kostnadsfunktionen grundar sig på kostnaden att förse TMP-industrin med råvara från ett sågverk i stället för med den ved som inte klarar färskhetskraven.

$$K_{ogm}(t) = \sum_{i=1}^n (a_i(t) \cdot K_i)$$

där n är antalet kostnadsposter

$K_{ogm}(t)$ = kostnad för ogm (obevattnad granmassaved samt bevattnad och färskare ved än tre veckor vid tjällossningsstart) vid lagringstiden t (kr/m³ fub)

K_i = kostnadspost i

$$a_i(t) = \frac{1}{z_i} \cdot t \cdot bryt1_i(t) + bryt2_i(t)$$

$bryt1_i = 1$ då $t < z_i$ och 0 då $t \geq z_i$

$bryt2_i = 0$ då $t < z_i$ och 1 då $t \geq z_i$

t = lagringstid

z_i = tid till maxkostnad för respektive kostnadspost

Indata utgörs av följande kostnadsposter;

Stilleståndskostnad för sågverk. Vid den råvarubrist som uppkommer i sågverket, p.g.a. att man flyttar råvara från sågverk till massaindustri, drabbas sågverket av produktionsstörningar som orsakar merkostnader.

Merkostnad timmerråvara. Genom att använda grantimmer som råvara i tmp-processen blir kostnaden för råvaran högre än om man använder granmassaved.

Merkostnad sulfatved. Den granmassaved som inte kan tas in i tmp-processen måste om disponeras till någon sulfatprocess. Då råvaran redan är gammal kommer kostnader att uppstå i sulfatprocessen enligt kostnadsfunktionen för sulfatprocessen, se ovan.

Extra transport. Vid om disponering av granmassaved till sulfatprocess kan en merkostnad för extra transport uppstå genom att det blir ett längre transportavstånd, eller att granmassaveden helt enkelt måste lastas, lossas och transporteras ytterligare en gång.

Granmassaved som är bevattnad och äldre än tre veckor vid tjällossningsstart belastas med en fast kostnad per m^3 fub för blekning och prisrelaterade marknadseffekter (rabatter). Kostnaden betecknas nedan som K_{lgm} .

Totalkostnaden för TMP blir;

$$K_{tmp} = K_{lgm} \cdot and_{lgm} \cdot and_{tmp} \cdot Lvol + \sum_{t=1}^T (K_{ogm}(t) \cdot Lagvol_t \cdot and_{ogm})$$

$$K_{tmp} = \text{totalkostnad TMP (kr)}$$

$$K_{ogm}(t) = \text{ogm - kostnad vid lagringstiden } t \text{ (kr/m}^3 \text{ fub och vecka)}$$

$$Lagvol_t = \text{volym som lagras } t \text{ veckor (m}^3 \text{ fub)}$$

$$and_{ogm} = \text{andel ogm - ved}$$

$$T = \text{tiden som den äldsta ogm - veden lagrats}$$

$$K_{lgm} = \text{kostnad för lagrad granmassaved (kr/m}^3 \text{ fub)}$$

$$and_{lgm} = \text{andel av granmassaveden som är äldre än 3 veckor vid tjällossningsstart}$$

$$Lvol = \text{upplagringsbehov (m}^3 \text{ fub)}$$

Total värdeförlust

Den totala värdeförlusten beräknas som summan av kostnaderna för de olika sortimenten.

$$VF = K_u + K_{su} + K_{tmp}$$

$$VF = \text{total värdeförlust (kr)}$$

$$= + +$$

Kostnad för ojämnt utnyttjande

Genom att ett virkeslager måste byggas upp under vinterhalvåret krävs avverknings- och transportresurser som är överdimensionerade relaterat till industrins förbrukning. Denna överkapacitet beräknas enligt följande;

$$\ddot{O}K = \frac{Lvol / U_{tid}}{\ddot{A}rsvol / 365} = \frac{A_{tid}}{U_{tid}}$$

$\ddot{O}K$ = överkapacitet

$Lvol$ = lagringsbehov (m^3 fub)

U_{tid} = upplagringstid, tid mellan första okt och tjällossningsstart (dagar)

$\ddot{A}rsvol$ = årsuttag i resultatområdet (m^3 fub)

A_{tid} = medelbegränsningstid (dagar)

Den totala merkostnaden för ojämnt utnyttjande av avverknings- och transportresurserna blir;

$$OjUtn = \ddot{O}K \cdot \ddot{A}rsvol \cdot (K_{avv} \cdot FK_{avv} + K_{sk} \cdot FK_{sk} + K_{tr} \cdot FK_{tr})$$

$OjUtn$ = ojämnt utnyttjande av avverknings- och transportresurserna (kr)

$\ddot{O}K$ = överkapacitet

$\ddot{A}rsvol$ = årsuttag i resultatområdet (m^3 fub)

K_{avv} = avverkningskostnad vid jämnt utnyttjande (kr / m^3 fub)

K_{sk} = skotningskostnad vid jämnt utnyttjande (kr / m^3 fub)

K_{tr} = transportkostnad vid jämnt utnyttjande (kr / m^3 fub)

FK_{avv} = fast kostnad för avverkning (andel av avverkningskostnad)

FK_{sk} = fast kostnad för skotning (andel av skotningskostnad)

FK_{tr} = fast kostnad för transport (andel av transportkostnad)

Hanteringskostnad

Massaveden lagras normalt skilt från industrin. Lagret kan antingen vara en järnvägsterminal eller en bilvägsterminal.

$$Hant_n = K_{anl_n} + K_{l_n} + K_{m\ddot{a}_n} + K_{bev_n}$$

K_{anl_n} = kapitalkostnader på anläggningar för sortiment n (kr/ m^3 fub)

K_{l_n} = kostnad för extra lastning/lossning för sortiment n (kr/ m^3 fub)

$K_{m\ddot{a}_n}$ = kostnad för extra mätning för sortiment n (kr/ m^3 fub)

K_{bev_n} = kostnad för bevattning för sortiment n (kr/ m^3 fub)

Med följande formel beräknas den totala lagringskostnaden;

$$Hant = Hant_1 \cdot vol_1 + Hant_2 \cdot vol_2 + \dots + Hant_n \cdot vol_n$$

$Hant$ = total hanteringskostnad (kr)

$Hant_n$ = hanteringskostnad för sortiment n (kr / m^3 fub)

vol_n = volym av sortiment n som lagras (m^3 fub)

Kostnad för extra transport

En extra transportkostnad uppstår endast för massaved då den lagras vid terminal skilt från industrin.

$$ExTr = Trk \cdot (TF_1 \cdot vol_1 + TF_2 \cdot vol_2 + \dots + TF_n \cdot vol_n)$$

$ExTr$ = kostnad för extra transport till terminallager (kr)

Trk = transportkostnad per kilometer (kr/ m^3 fub)

TF_n = transportförlängning för sortiment n (km)

Vol_n = volym av sortiment n som ska lagras (m^3 fub)

Räntekostnad

Räntekostnaden är den kostnad som uppstår genom kapitalbindning i virkeslager. Formeln nedan baserar sig på ett årsmedellager och ger räntekostnaden under ett år. Ingen hänsyn till ränta på ränta under det aktuella året tas.

$$RK = \left(\frac{VV_1 \cdot vol_1 + VV_2 \cdot vol_2 + \dots + VV_n \cdot vol_n}{2} \right) \cdot \left(\frac{U_{tid} + A_{tid}}{365} \right) \cdot r / 100$$

RK = räntekostnad (kr)

VV_n = virkesvärde för sortiment n (kr/ m^3 fub)

vol_n = maximal lagervolym av sortiment n (m^3 fub)

r = kalkylränta på årsbasis (%)

U_{tid} = antal dagar mellan första oktober och tjällossningsstart (dagar)

A_{tid} = medelbegränsningstid (dagar)

Kostnad för bärighetsrestriktioner

För att beräkna transportkostnaderna används transportkostnadsfunktioner för de olika bärighetsklasserna BK1, BK2 och BK3 enligt formel;

$$BK_n \ x \quad k_n \ x \quad m_n$$

$BK_n \ x$ = transportkostnad bärighetsklass n vid transportsträcka x (kr/ m^3 fub)

k_n = rörlig transportkostnad för bärighetsklass n (kr/ m^3 fub och km)

m_n = fast transportkostnad för bärighetsklass n (kr/ m^3 fub)

x = transportsträcka (km)

()

Skillnaden mellan olika bärighetsklasser förklaras av att lastbilen måste gå med en reducerad last.

Merkostnad för att köra på BK2 i stället för på BK1 är:
 $BK2 - BK1$

Merkostnad för att köra på BK3 i stället för på BK1 är:
 $BK3 - BK1$

Totalkostnaden för bärighetsrestriktioner blir;

$$BR = (BK2 - BK1) + (BK3 - BK1)$$

$$BR = \text{total kostnad bärighetsrestriktioner (kr)}$$

Kostnad för ytojämnhet

Vid en låg ytstandard på vägarna uppkommer kostnader i form av ett ökat slitage på fordonen samt kostnader för att hastigheterna måste sänkas. Kostnaden avser merkostnader för att köra på olika vägar. Kostnaderna beräknas som en kostnad per kubikmeter virke för olika trafikflödesklasser. Virkesvolymen som transporteras på respektive trafikflödesklass beräknas sedan utifrån den specifika trafikflödesklassens andel av det totala transportnätet.

$$Ytojmn = \sum_{n=1}^N (TFK_n \cdot Vol_n)$$

$$Ytojmn = \text{kostnad ytojämnhet (kr)}$$

$$TFK_n = \text{kostnad trafikflödesklass } n \text{ (kr/m}^3 \text{ fub)}$$

$$Vol_n = \text{volym trafikflödesklass } n \text{ (m}^3 \text{ fub)}$$

$$N = \text{antalet trafikflödesklasser}$$

Alternativ väg

Bärighetsbegränsningar kan leda till att virke måste transporteras på en alternativ, längre väg. Kostnaden för detta motsvarar ofta transportförlängningen, men kan även innebära en ytterligare högre kostnad om transporten måste ske med reducerad last.

$$AltV = \text{kostnader förknippade med alternativ väg p.g.a. bärighetsbegränsningar}$$

=

Hantering av olika policies vid bärighetsbegränsning

I det fall man inom något eller några resultatområden tillämpar exv. en mer liberal policy för bärighetsbegränsning än inom övriga områden, måste detta/ dessa områden hanteras på ett särskilt sätt. Det finns två tillvägagångssätt att hantera dessa områden.

1. För att få fram data som är jämförbar med de områden där mer strikt policy används beräknas statistik över bärighetsbegränsning i det aktuella området. Detta görs genom att sätta bärighetsbegränsningarna i det aktuella området i relation till de totala bärighetsbegränsningarna i samtliga resultatområden under en tidsperiod då samma policy tillämpades i samtliga resultatområden (nedan benämnt period 1). Sedan antas relationen vara densamma även när den mer liberala policyn för bärighetsbegränsning tillämpas (nedan benämnt period 2). Härigenom kan bärighetsbegränsningens omfattning under period 2 simuleras som om en

strikt policy hade tillämpats inom det/de aktuella området/-na. Statistiken för området/-na görs därmed jämförbara med övriga områden i studien. Formeln för beräkningen av jämförbar statistik redovisas nedan.

$$\left(\frac{Bbvl_{11}}{\sum_{n=2}^N Bbvl_{1n}} \right) \cdot \sum_{n=2}^N Bbvl_{2n}$$

$Bbvl_{1n}$ = bärighetsbegränsad väglängd period 1 för delområde n (km)

$Bbvl_{2n}$ = bärighetsbegränsad väglängd period 2 för delområde n (km)

N = antal resultatområden

2. Ett annat sätt att hantera dessa områden är att beräkna kostnaderna med aktuell statistik över bärighetsbegränsningar. Till detta adderas sedan latent underhållskostnader. Latenta underhållskostnader är definierat som de framtida merkostnader för vägunderhåll som anläggs i och med ett mera frekvent utnyttjande av vägvägnitt som annars skulle ha varit avstängda för tung trafik. Dessa beräknas med hjälp av nedanstående formel.

$$f(t_n) = K_{inv} \cdot Df_{t_n}$$

$f(t_n)$ = nuvärde av investeringskostnad (kr/m)

K_{inv} = investeringskostnad (kr/m)

Df_{t_n} = diskonteringsfaktor

$$Df_{t_n} = \left(\frac{\left(\frac{100+r}{100} \right)^{t_n} - 1}{\left(\frac{r}{100} \right) \cdot \left(\frac{100+r}{100} \right)^{t_n}} \right)$$

t_1 = vägens livslängd policy 1 (år)

t_2 = vägens livslängd policy 2 (år)

r = ränta

Lat = latent underhållskostnader (kr/m)

$Lat = f(t_1) - f(t_2)$

$Lat_{tot} = Lat \cdot Bbvl$

Lat_{tot} = latent underhållskostnader (kr)

$Bbvl$ = bärighetsbegränsad väglängd (km)

Totalkostnad

Vid beräkning av totalkostnaden för resultatområdet summeras de olika kostnadsposterna.

$$\text{Totalkostnad} = VF + OjUtn + Hant + Extr + RK + BR + \\ Ytojm + AltV + p \cdot Lat_{tot}$$

$p = 1$ om hanteringen av policy för bärighetsbegränsning sker enligt punkt 2,
annars är $p = 0$

(Se ”Hantering av olika policies vid bärighetsbegränsning, sid 15.)

Lönsamhetsberäkningar

Modellen ger möjlighet till lönsamhetsberäkningar i enlighet med de resultat-områden som definieras.

Samband mellan investeringar och ökad tillgänglighet

Sambandet mellan investeringsgrad och tillgänglighet av virket är ett av de in-data som har störst påverkan på lönsamhetsberäkningarna. Detta samband beskrivs för varje resultatområde med en funktion enligt nedan.

$$T(I) = k_1 \cdot I^2 + k_2 \cdot I + m$$

$T(I)$ = andel av det p.g.a. bärighetsbegränsningar icke tillgängliga virket
som blir tillgängligt vid investeringsgrad I

I = andel av det totalt, p.g.a. bärighetsbegränsningar,
avstängda vägnätet som tjälsäkras (investeringsgrad)

k_1 = konstant

k_2 = konstant

m = konstant

Nettonuvärdeskvot

Nettonuvärdeskvot är ett mått på investeringars lönsamhet. En positiv nettonuvärdeskvot innebär att investeringen är lönsam. Nettonuvärdeskvoten (NNK) beskrivs generellt med följande formel.

$$\text{NNK} = (\text{Summa nuvärde} / \text{Samhällsekonomisk investeringskostnad}) - 1.$$

Den i modellen tillämpade funktionen för beräkning av nettonuvärdeskvoten ser ut på följande vis.

$$NNK = \left(\frac{N_{sbr} \cdot T \cdot Df}{K_{inv} \cdot Bbvl \cdot I \cdot SF \cdot Sbr_{and}} \right) - 1$$

NNK = nettonuvärdeskvot

N_{sbr} = skogsbrukets årliga nytta per resultatområde (kr)

T = ökad tillgänglighet

K_{inv} = investeringskostnad (kr/km)

$Bbvl$ = bärighetsbegränsad väglängd (km)

I = investeringsgrad

SF = skattefaktor

Sbr_{and} = skogsbrukets nyttjandeandel

Df = diskonteringsfaktor

$$Df = \left(\frac{\left(\frac{100+r}{100} \right)^t - 1}{\left(\frac{r}{100} \right) \cdot \left(\frac{100+r}{100} \right)^t} \right)$$

r = ränta

t = avskrivningstid (år)

Investeringsgrad

Investeringsgraden uttrycker den andel av det totala investeringsbehovet som är lönsamt att investera i. Det betyder att alla investeringar som görs upp till denna andel av det totala investeringsbehovet (bärighetsbegränsad väglängd) är lönsamma. Investeringsgraden beräknas med följande funktion.

$$I = -\frac{D}{E \cdot 2} \pm \sqrt{\frac{\left(\frac{D}{E}\right)^2}{4} - \left(\frac{m}{k_1}\right)}$$

då $I \geq 0$

För $I > 1$, sätt $I = 1$

$$D = (k_2 \cdot N_{sbr} \cdot Df) - (K_{inv} \cdot Bbvl \cdot SF \cdot (NNK + 1) \cdot Sbr_{and})$$

$$E = k_1 \cdot N_{sbr} \cdot Df$$

I = investeringsgrad

k_1 = konstant

k_2 = konstant

m = konstant

N_{sbr} = skogsbrukets årliga nytta (kr)

r = ränta

t = avskrivningstid (år)

K_{inv} = investeringskostnad (kr/km)

$Bbvl$ = bärighetsbegränsad väglängd (km)

SF = skattefaktor

NNK = nettonuvärdeskvot

Sbr_{and} = skogsbrukets nyttjandeandel

Df = diskonteringsfaktor

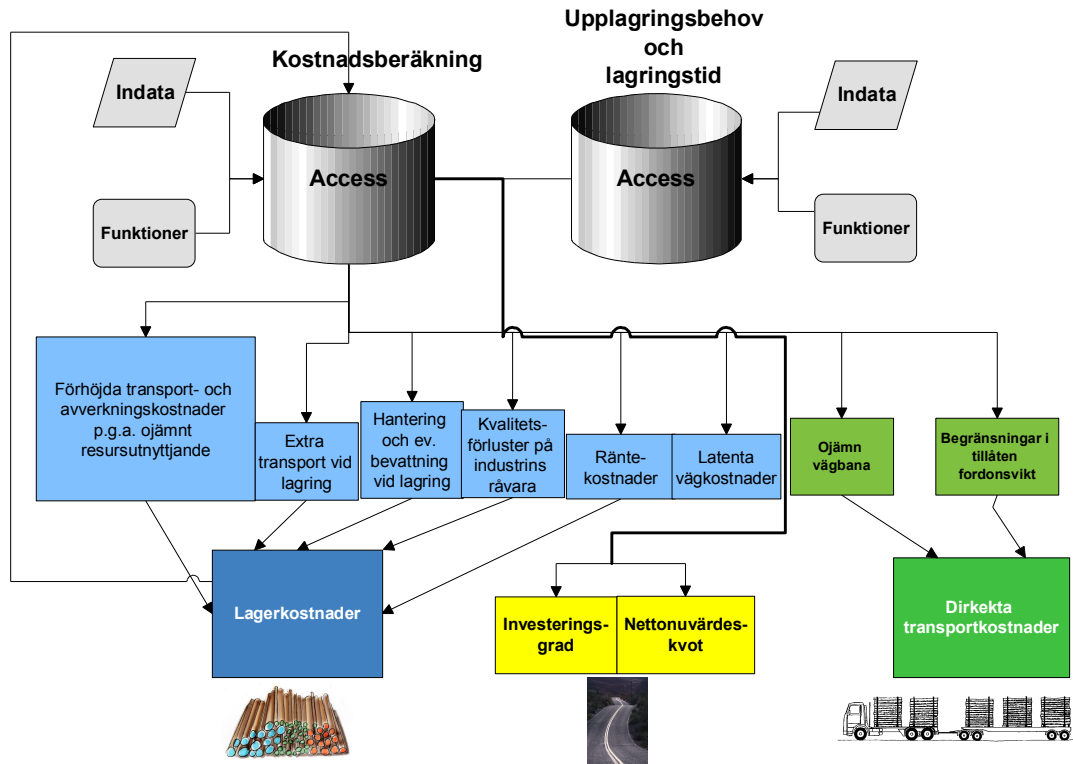
$$Df = \frac{\left(\left(\frac{100+r}{100} \right)^t - 1 \right)}{\left(\left(\frac{r}{100} \right) \cdot \left(\frac{100+r}{100} \right)^t \right)}$$

r = ränta

t = avskrivningstid

Simuleringsverktyg

För att beskriva de kostnader som uppstår vid en bristande vägstandard har ett datorbaserat simuleringsverktyg tagits fram. Simuleringsverktyget är byggt i *Microsoft Access* kring två sammanlänkade databaser (figur 1).



Figur 1.
Schematisk bild av simuleringsverktyg.

Den ena databasen kallad "Upplagringsvolym och lagringstid" beräknar den upplagringsvolym som är nödvändig för att klara industrins virkesförsörjning givet en viss vägstandard med en viss avstängning för tung trafik. Databasen har ett antal tabeller som förses med indata. Data avser både data per delområde samt data per resultat område. Beräkningarna genererar resultat i form av upplagringsvolym per resultat område, samt volymens fördelning över lagringstid.

Den andra databasen är kallad "Kostnadsberäkningar". I databasen beräknas kostnaden för de olika kostnadsposterna. Beräkningarna är uppdelade i olika steg som sedan är sammankopplade i makron, vilket leder till att beräkningarna sker i den ordning som krävs. Indata utgörs av data per resultat område och förs in i ett antal tabeller. De data som rör upplagringsvolym och som utgör grunden för kostnadsberäkningarna länkas från databasen "Upplagringsvolym och lagringstid".

Med hjälp av verktyget kan man beräkna lönsamheten av investeringar. Lönsamhetsberäkningarna finns i databasen "Kostnadsberäkningar". Även lönsamhetsberäkningarna är sammansatta i ett makro vilket gör att dessa är enkla att hantera. För lönsamhetsberäkningarna finns två olika tabeller. Både indata och resultat hanteras i dessa två tabeller. Med hjälp av data från den ena tabellen beräknas investeringsgrader och från den andra nettonuvärdeskvoter per resultat område.

Diskussion

Jämförelse med tidigare modell

Den här redovisade beräkningsmodellen är en vidareutveckling av en tidigare utvecklad modell (Bjurulf m.fl., 1994). Modellen är förändrad och förbättrad på en rad punkter. Nedan görs en jämförande redovisning av skillnaderna mellan modellerna.

Geografisk upplösning

Resultaten genereras i den här modellen per resultatområde och en förutsättning för beräkningen är att det inte förekommer några virkesflöden mellan olika resultatområden. Detta medför att resultatområdena inte kan vara för små. Inom de olika resultatområdena finns lokala variationer, beroende på exv. vägnät, industristruktur och råvarutillgångar, som inte kan beaktas i modellen. Vissa områden inom ett resultatområde drabbas av högre kostnader medan andra drabbas av lägre. Lönsamheten för investeringar i bärighetsbegränsade vägnät kommer därför att skilja sig åt inom olika delar av ett resultatområde.

Den varierande lönsamheten torde vara av stor vikt då prioriteringar av investeringar i vägnätet görs på lokal nivå. I dag finns inte någon modell utvecklad som kan användas vid investeringsbeslut på lokal nivå. Ett angeläget utvecklingsområde torde vara att utveckla en sådan modell som kan räkna lönsamheten på samband mellan industrins behov av råvara, råvarans belägenhet i terrängen och vägnätets behov av investeringar i bärighetshöjande åtgärder.

Tidsmässig upplösning

I denna vidareutvecklade modell beräknas upplagringsvolymens fördelning över lagringstid, vilket möjliggör en mer differentierad och därmed en kostnadsberäkning som bättre kan spegla de verkliga förhållandena.

Kvalitetskostnader

Sättet att beräkna de olika kvalitetskostnaderna skiljer sig åt. Beräkningssättet i denna modell beskriver bättre de i dag rådande förutsättningarna. I de enskilda industritypernas kostnader finns en större differentiering av råvaran, samtidigt som beräkningen av de ingående kostnadsposterna är uppdelad på fler styrande variabler. I den nu utvecklade modellen beräknas kvalitetskostnaderna på råvaran utifrån veckovis lagringstid. Även lagringstiden på året beaktas.

Ytojämnhet

Kostnaderna för ytojämnhet grundar sig i denna modell på trafikflödesklasser och inte på IRI-klasser (International Roughness Index) som i den tidigare modellen. Detta beräkningssätt speglar på ett bättre sätt de verkliga kostnaderna då kostnader uppkommer på alla vägar med en dålig ytstruktur och inte, som i den tidigare modellen, endast på vägar med IRI-klasser överstigande en viss nivå.

Upplösning på bärighetsklasser

I denna modell beaktas kostnaderna, för att köra på vägar med en högre bärighetsklass, utifrån transport på både BK2- och BK3-vägar. I den tidigare metoden beaktades endast merkostnaderna för transport på BK2-vägar.

Lönsamhetsberäkningar

En av de stora skillnaderna mellan den i dag utvecklade modellen och den tidigare, är att det nu per resultatområde går att simulera konsekvenser av investeringar i det bärighetsbegränsade vägnätet.

En betydande del av den nu framtagna modellen består av funktioner för att kunna göra lönsamhetsberäkningar. Dessa lönsamhetsberäkningar utgörs av kalkyler för att beräkna nettonuvärdeskvoter (NNK) och grundar sig på sambandet mellan investeringar och den ökade tillgänglighet på virket som blir följden av en investering. Användandet av en funktion som beskriver detta samband ger möjligheten att utöver lönsamheten, uttryckt som en nettonuvärdeskvot, även beräkna lönsamma investeringsgrader utifrån olika nettonuvärdeskvoter. Detta är en avsevärd förbättring jämfört med den tidigare utvecklade modellen.

Kritiska variabler

Vissa variabler i beräkningarna är svårare att kvantifiera än andra. En rad av de variabler som utgör grunden för kvalitetskostnaderna är av sådan karaktär. Detta beror på att det är svårt att gå in i processer och isolerat mäta effekterna av en specifik variabel.

I takt med att kunskapen om sambanden mellan lagringstid och kvalitets effekter ökar, så ökar också möjligheterna att bättre uttrycka de kostnader som är kopplade till ved med olika lång lagringstid.

Funktionerna som beskriver sambandet mellan investeringsgrad och ökad tillgänglighet på virket är centrala i lönsamhetsberäkningarna. Dessa är svåra att ta fram då de beskriver ej ännu förverkligade investeringar och konsekvenserna av dessa. Detta är inget som går att räkna fram utan kunskap om förhållandet mellan vägstandard och virkestillgänglighet hos de i näringen operativt arbetande är helt avgörande vid konstruktionen av funktionerna.

En annan av de viktigaste variablerna vid lönsamhetsberäkningarna är skogsbrukets nyttjandeandel av transportarbetet på de bärighetsbegränsade vägsnitten. Få undersökningar är gjorda på detta områden varför osäkerheten är stor och framtida forskningsinsatser behövs.

Simulering

Genom det verktyg som utvecklats för att tillämpa den framtagna modellen ges möjlighet till olika simuleringar med en relativt liten arbetsinsats. Verktöget ökar möjligheten till att använda beräkningsmodellen i framtida analyser och simuleringar av sambandet mellan vägstandard och därmed sammankopplade kostnader för skogsbruket.

Tester

Både modellen och simuleringsverktyget är testade med en rad olika simuleringar och känslighetsanalyser (Arvidsson m.fl., 1999). Av resultatet från dessa simuleringar kan man konstatera att både modellen och det i *Microsoft Access* byggda verktyget på ett mycket tillfredsställande sätt går att använda i praktiska analyser.

Referenser

- Bjurulf, A. & Normark, U. 1994. Vägstandardens inverkan på skogsnäringens råvara, SkogForsk, Stencil 1994-05.
- Arvidsson, P.-Å. & Holmgren, M. 1999. Vägstandardens inverkan på skogsnäringens transportarbete och försörjning av högkvalitativa råvaror, SkogForsk. Arbetsrapport nr 433.