



Forskning och studier inom området skogsbrand

Räddningsverket genomför inom skogsbrandområdet olika utvecklingsprojekt. I detta aktuellt sammanfattas resultaten från några av projekten. Mer utförlig information finns redovisad för respektive projekt i rapportserie "R53-" från Räddningstjänstavdelningen. Tidigare har aktuellt nr 13-95 om skogsbrand publicerats om statistikinsamling för skogsbränder 1994 och om marknadsvärderingsmodell för mark där skogsbrand ägt rum.

De projekt som redovisas i detta aktuellt är följande:

1. Släckmedelstillsatser för skogsbrandbekämpning
2. Indikering
3. Sammanställning av släckningskostnader för skogsbränder 1994
4. Sambandsanalyser av resursåtgång för olika typer av skogsbränder
5. Brandriskprognoser med hjälp av en hydrologisk modell slutrapport november 1995

1. Släckmedelstillsatser för skogsbrandbekämpning

Det är i huvudsak på den amerikanska kontinenten och i södra Europa som tillsatser i

släckvattnet används för att bekämpa skogsbränder. I Sverige är kunskaperna och användandet av tillsatser i vattnet för skogsbrandsläckning begränsade. För att kartlägga nuvarande internationella kunskapsläge har Räddningsverket i samarbete med Högskolan i Karlstad inom ramen för ett examensarbete utarbetat en rapport om släckmedelstillsatser för skogsbrandbekämpning.

Rapporten beskriver bl a:

- hur olika typer av tillsatsmedel verkar
- vilken effekt olika medel har
- kostnader för olika medel
- konsekvenser för miljön
- översiktlig inventering om vilka medel som finns och används.

I rapporten framgår att de effektstudier som finns talar för att skum kombinerat med retardent har bästa släckeffekten. Då kan kombinationen av skummets goda initiala släckeffekt och retardentens långtidsverkan utnyttjas.

2. Indikering

Två studier har genomförts inom området indikering av skogsbrand. Här sammanfattas resultaten från de två utredningarna: användning av blixtlökalisering samt alternativa system och metoder.

Sommaren i Sverige 1994 var varm och regnfattig och brandrisken var hög i stora delar av landet. Då intensiva åskväder sedan uppträdde kom ett stort antal skogsbränder att startas av blixurladdningar. Totalt rapporterades ca 2 500 skogsbränder i hela landet. En kartläggning av dessa bränder startades av Räddningsverket och ett uppdrag gavs åt Institutionen för högspänningsforskning (Ifh) vid Uppsala universitet. Uppdraget omfattade dels ett studium av nyttan av att känna till blixternas nedslagsplatser och dels en granskning av olika metoder för att detektera skogsbränder i ett tidigt skede.

I denna undersökning har använts det system (LLP) för blixtolokalisering som ägs av Svenska Kraftnät. Med magnetiska pejlantennor placerade på nio olika platser i Sverige bestäms riktningar och styrka m m för de av blixurladdningar utsända elektromagnetiska pulserna. Mätvärdena sänds till en centraldator för analys varigenom läget av varje blixtnedslag kan bestämmas och meddelas till olika användare i realtid. Då samma system används i Norge kan med tillgång till norska lokaliseringar en bättre bedömning göras dels av den noggrannhet varmed blixtar i dag kan lokaliseras dels av hur stor del av blixtnedslagen som undgår att upptäckas av systemet.

För detaljstudium utvaldes ett område i Värmland där kommunerna Arvika, Eda, Säffle, Torsby och Årjäng ingår. Området täcks av såväl svenska som norska LLP-systemet, och har haft ett stort antal skogsbränder på grund av åska. Vidare valdes en tid i slutet av juli- början av augusti under vilken två väl definierade åskväder förekommit. Härigenom blev det möjligt att observera fördröjningen mellan blix och brand. Tid och plats för bränderna erhöles genom direkt kontakt med kommunernas räddningstjänst som kunde garantera att man i alla medtagna bränder sett spår efter blixtnedslag. Antalet bränder utgjorde 60 och antalet blixtar 878. Försök att direkt relatera en blix till en viss brand visade sig omöjligt. Efter jämförelse med norska data gjordes en korrektion av de svenska lägesbestämningarna, men ej heller detta gjorde det möjligt att peka ut en viss blix som orsak till en viss brand. Det valda området delades därför upp i rutor på 5x5 km². Brand förekom i ca var tredje ruta. En korrelationsanalys visade att en brand kunde förväntas efter 14 blixurladdningar inom en ruta. Ej ovanligt var att ett stort antal blixtar förekommit i en ruta utan att brand uppkommit. Detta får förklaras med markegenskaperna. Som slutsats kan man säga att noggrannheten hos det svenska LLP-systemet ej är tillräcklig, men att ett direkt fastställbart

samband mellan en brand och en viss blix ej är nödvändigt om man kan få ett i det närmaste korrekt antal blixtar i varje ruta på ca 10x10 km. Kunskap om markegenskaperna i varje ruta är väsentlig för att bedöma risk för brand efter ett visst antal blixtar.

En blix mot mark består av ett antal strömstötter med en typisk varaktighet av någon millisekund. Ibland händer det dock att en strömstöt följs av ett strömförlopp, med en varaktighet överstigande 100 ms. Endast sådana blixtar anses kunna tända skogsmark enligt experiment utförda av skogsforskare i Montana, USA. I USA anses 20-50 % av alla blixtar kunna ha sådant långvarigt förlopp. Några mätningar på svenska åskväder som i regel har låg molnhöjd har ej utförts men en projektstudie utförs för närvarande av docent Vernon Cooray vid Ifh i Uppsala.

Experimentella undersökningar av sannolikheten för antändning av olika slags skogsmark har utförts av skogsforskare i Montana, USA. Sannolikheten varierar avsevärt mellan olika typer av markmaterial. Blixterns styrka synes ej spela någon roll bara den är tillräckligt långvarig. Därremot spelar fuktigheten roll.

Noggrannheten för blixtolokalisering kan förbättras med en tidsbestämning så som det sker i det sk IMPACT-systemet, där noggrannheten bedöms vara mindre än 1 km. Norge har under hösten 1995 fått 7 IMPACT-stationer installerade och man arbetar nu med injustering av dessa. Om det går bra borde man under 1996 kunna använda norska resultat för att korrigera felvisningar i det svenska LLP nätet. Det finns även system med en ensam pejlstation. Där kan man få *riktningen* till blixtnedslag från stationen. Ett system finns kommersiellt tillgängligt under namnet Thunderstorm Sensor och saluförs av samma bolag som gör IMPACT och LLP. Användbarheten för skogsbrandsbevakning är ej dokumenterad. Ett Franskt system (SAFIR) finns för noggrann blixtolokalisering i mindre område som bygger på tvådimensionell VHF-interferometri.

Med flygplan på 20 km höjd (U-2, ER-2) och från den Amerikanska rymdfärjan har man studerat elektriska och optiska signaler från åskväder med laser, IR, synligt ljus, mikrovåg scanner, spektrala instrument och E-antennor. Bl a har man upptäckt blixurladdningar från åskmoln upp mot atmosfären. Detta ger grundkunskaper men är ej användbart för kontinuerlig övervakning.

Branddetektering kan ske med LIDAR som fungerar som en radar men med laserpulser av synligt ljus eller IR (Infrared Radiation). Ljuset reflekteras av partiklar i luften, ev. även av vissa molekyler. Räckvidder upp till 80 km har uppgivits för några satellitprojekt. Uppgifter om markbaserad användning finns. Svaga rökpelare kan upptäckas vid tjänlig väderlek på ett avstånd av ca 10 km. Ett Franskt system för automatisk detektering av bränder i ett tidigt skede, Artis Fire, tillverkas av T2M Automation. Räckvidden för varje sensor uppges till max 10 km. Systemet bygger på upptäckt av rök genom bildbehandling.

Små flygplan används i Sverige sedan länge för att spana efter skogsbränder. Detta sker visuellt, röken kan upptäckas på ganska stora avstånd. Med kännedom om åskväder, daglig analys i lämplig modell av väderdata och markbeskaffenhet kan flygplanen dirigeras vilket minskar kostnaden och ökar sannolikheten för att tidigt upptäcka en brand. Den mest lovande metoden för branddetektering (troligen också för glödbränder i mark) är utan tvivel det IR-linescannersystem som används av flygvapnets spaningsflottiljer. Eventuellt kan en komplettering med LIDAR ha fördelar.

En europeisk *geostationär* satellit är METEOSAT (METEOrologisk SATellit). Den roterar 100 varv i minuten och avsökningen av observationssområdet tar ca 25 minuter. METEOSAT registrerar strålning i tre områden: synligt ljus, värmestrålning (IR), och strålning som absorberas av vattenånga (moln). Upplösningen för södra Sverige är 3x6 km och för mellersta Norrland 4x10 km. SMHI tar emot bilder varje timma.

Polära satelliter är METEOR samt de två amerikanska NOAA satelliterna (National Oceanic & Atmospheric Administration). Dessa satelliter registrerar strålning i fem kanaler: synligt, nära IR, IR med någon solstrålning, samt två IR med ren värmestrålning. Maximal upplösning, 1 x 1 km, fås rakt under satelliten. Polära satelliter har alltså god upplösning men bilderna fås ej kontinuerligt. Rumsupplösning vid användande av PC-presentation är ca. 2 km för bägge satellit-typerna.

För att detektera blixtar under dagsljusförhållanden behövs speciella sensorer av en typ som just nu börjat att realiseras:

OTD (Optical Transient Detector) har konstruerats och byggts av Marshall Space Flight Center och sändes upp på Microlab. Noggrannheten i lägesbestämningen ca 10 km. Tyvärr får man

inte en kontinuerlig bevakning med en polär bana och metoden har begränsat värde för detektering av blixtar då det gäller skogsbrandsbevakning. Intensiva åskväder kan dock upptäckas och data kan erhållas.

TRMM (Tropical Rain Measurement Mission) som planeras för uppsändning 1997 (Japan) skall ha Precipitation Radar och LIS, Lightning Imaging Sensor. Den kommer att ge en upplösning av 5-10 km över 600x600 km under passagetiden 80 sekunder. Med en noggrannhet på 5-10 km detekteras de blixtar som uppträtt inom passagetiden. Vilken noggrannhet som kan uppnås för Sverige är obekant.

LMS (Lightning Mapping Sensor) planeras att från en geostationär bana, förmodligen för bruk inom USA, kontinuerligt registrera blixurladdningar såväl natt som dag med en upplösning av 10 km. Informationen om blixtfrekvens och åskvädrens rörelse anges kunna bli tillgänglig praktiskt taget i realtid, vilket blir värdefullt såväl för skogsbrandsbevakning som elkraftindustrin.

I ett satellitprojekt i Finland använder Finska meteorologer ett bildbehandlingsprogram som gör det möjligt att med användning av data från NOAA- AVHRR detektera skogsbränder med en noggrannhet i lokaliseringen av 1km x 1km. Metoden har prövats under sommaren 1995 och är planerad att prövas vidare 1996. Principen verkar lovande, emellertid är det önskvärt att kunna detektera även mycket små bränder och det är oklart hur långt känsligheten kan pressas.

I USA och i Kanada finns modeller för att bedöma risken för uppkomst av skogsbränder. Man utgår då från kännedom om markens beskaffenhet med avseende på antändning och med avseende på brandspridning. Vidare krävs kunskap om temperatur, fuktighet och regnmängder under en viss tid tillbaka samt om blixtnedslag under de föregående 8-10 dagarna med hänsyn till fördröjda bränder. Vidare krävs en prognos över åskväder och regn under den närmaste tiden. Med användning av data från blixtolokaliseringssystem, väderradar etc. och med modellens hjälp kan alltså ett lokalt skogsbrandsindex beräknas med vars ledning bevaknings- och släckningsinsatser kan planeras. Möjligheten finns att i framtiden utveckla nya metoder och system med lokala skogsbrandsprognoser. Vilka modeller och datorprogram som är lämpligast för svenska förhållanden kräver en granskning utförd av experter på skog och skogsbränder.

Genom rymdteknikens utveckling kommer det förhoppningsvis att i en framtid – kanske redan om 5 år – vara möjligt att erhålla data för blixtnedslag, regn och begynnande skogsbränder från satellitdata. Finland kan redan i dag detektera skogsbränder från NOAA satelliten. Förmodligen kommer bättre sensorer att utvecklas och eventuellt kommer det att vara möjligt att få uppgifter om såväl blixtnedslag som nederbörd och begynnande skogsbränder genom bearbetning av data från en och samma satellit. Svenska kunskaper och erfarenheter då det gäller användning av satellitdata och avancerad bildbehandling är goda.

3. Släckningskostnader vid skogsbränder 1994

Statistiska Centralbyrån (SCB) har på uppdrag av Räddningsverket genomfört undersökningen om skogsbränder 1994 och beräkning av släckningskostnader. Basdata för kostnadsberäkningarna har i huvudsak hämtats från de uppgifter som samlats in från räddningskårerna. Dessa uppgifter redovisas i rapporten "Undersökning om skogsbränder 1994" (SRV rapport R53-120/95). För att beräkna kostnaderna har ersättningsnivåerna för utrustning hämtats från SRV:s meddelande 1995:2. För personalkostnaderna har uppskattade medelvärden utgjort underlaget.

Totalt uppgår de beräknade släckningskostnaderna till ca 76 milj kr för de bränder som undersökningen omfattar. Samtliga kostnader för att släcka skogsbränderna ingår så långt det har varit praktiskt möjligt att erhålla nödvändig information. Såväl kommunala, statliga, privata som frivilliga insatser har kostnadsberäknats. Tas även hänsyn till att samtliga skogsbränder inte har omfattats av undersökningen torde de totala släckningskostnaderna uppgå till knappt 80 milj kr för skogsbränderna 1994.

I rapporten finns tabeller som redovisar totala kostnader och medelvärden för personal, utrustning, helikopterinsatser och övrigt. Skogsbränderna har indelats i 9 olika storleksklasser.

4. Sambandsanalyser av resursåtgång för olika typer av skogsbränder

På uppdrag av Räddningsverket har Statistiska Centralbyrån (SCB) genomfört analyser av insamlat material över skogsbränder. Materialet bestod av uppgifter från ett urval av bränder som inträffat under 1994. En sammanställning av resursinsatser har gjorts, i önskan att visa de resurser som krävts vid vissa typer av bränder. Sambandet mellan variabler (både resursvariabler och beroende variabler såsom antal mantimmar och brandens utveckling) har undersökts.

Dessutom har möjligheterna att ta fram en resursdimensioneringsmodell undersökts. Denna modell ska kunna svara mot frågeställningen: Vilka resurser erfordras vid en viss typ av brand?

Av medelvärdesberäkningarna över insatta resurser kan man bland annat se följande:

- Bränder i torvmark är mer resurskrävande än övriga.
- Även vid bränder med nollutveckling (areal vid ankomst densamma som slutlig areal) har en hel del resurser använts. Detta kan bero på olika faktorer. En trolig förklaring är att det i en del fall i själva verket har skett en mindre utveckling.
- Vid indelningen efter storleksgrupper ser man att bränder med utveckling på minst 50% har (inom storleksgruppen) haft den minsta arealen vid ankomst. Ev har man underskattat branden till en början.
- Den procentuellt största utvecklingen återfinns i torvmarker.

Materialet har fördelats med hjälp av olika kategoriska variabler såsom marktyp, trädtyp, trädstorlek, brandens spridning, larmtidpunkt under dagen. Detta ger bland annat följande resultat:

- Fördelningen av antal bränder efter *trädstorlek* är jämn.
- Vid indelning efter *marktyp* visar det sig att den största andelen bränder har skett i *mossa*.

- Vid indelning efter *trädtype* visar det sig att den största andelen bränder har ägt rum i tallskog.
- Det är få bränder (ungefär 5%) som har ägt rum i marker med till övervägande del lövträd.
- Det är även få bränder (under 2%) där det har varit toppeld, dessa bränder är alla i storleksgruppen 0,5 till 5 hektar.
- De flesta bränder inträffade under de varmaste sommarmånaderna.
- Den största andel bränder inträffade då det var soligt väder. Under sådana väderförhållanden återfinns även den största andelen stora bränder (>5 ha).
- Cirka 85% har släckts under första dagen.
- Bränder som inträffat då det har varit hård vind (>7,9 m/s) under första dagen har större andel med stor slutlig areal än övriga bränder.
- Bränder i löv- och granskog har till stor del haft liten eller ingen utveckling.
- Cirka 80% av bränderna har haft en brandspridning till övervägande del i markvegetation.
- Vid drygt 80% av bränderna har larm inkommit mellan klockan 10.00 och 22.00.

En brands utveckling och dess totala areal har ett mycket starkt samband. Detta gäller även vid indelning efter storleksgrupper och markgrupper. Undantaget är de bränder som har haft en "nollutveckling".

Arealen vid ankomst och brandens utveckling har inget direkt samband varken vid beräkningar på det totala materialet eller vid en indelning efter storleksgrupp. Däremot vid en uppdelning i marktyper så samvarierar areal vid ankomst och utvecklingen för lav-, ört- och blandmark. För lav-, ört- och blandmark så samvarierar även areal vid ankomst och den slutliga arealen. (I dessa marker är utvecklingen och den slutliga arealen proportionell mot areal vid ankomst.) Bränder i torvmark och mossor har inget starkt samband mellan areal vid ankomst och total areal/utvecklingen. Dvs det är svårt att förutse en brands utveckling och/eller slutliga areal utifrån arealen vid ankomst.

Bekämpningstid, antal mantimmar, antal personer som har deltagit i släckningsarbetet och kubikmeter vatten som har använts är de resursvariabler som samvarierar mest med en brands utveckling. De är också de resursvariabler som har störst samvariation. Vid uppdelning efter storleksgrupper visar det sig att för mindre bränder (<5 hektar) har inte brandens utveckling något direkt samband med undersökta resursvariabler. Korrelationsberäkningar på materialet uppdelat efter marktyper visar att sambanden i de flesta fall är **starkare** vid denna indelning än vid klassning i storleksgrupper. Det tyder på att bränder inom samma markgruppering är mer homogena, med avseende på resursinsatser, än vid en uppdelning i storleksgrupper.

I syfte att skatta en brands utveckling beroende på insatta resurser, kan en *förklaringsmodell* tas fram (dvs. en modell med brandens utveckling som beroende variabel och resurs- och kategori-variabler som förklarande variabler). Emellertid försvåras konstruktionen av en sådan modell av den relativt stora andelen bränder med nollutveckling. Man vet inte vilka bränder som verkligen har "släckts direkt" och vilka som egentligen har haft en viss utveckling.

I Rapporten finns också exempel på hur man med regressionsanalys kan beräkna genomsnittliga resursinsatser för olika typer av bränder. Mycket summariskt redovisas att det är fullt möjligt att utforma modeller, men bildandet av modellerna kräver ganska omfattande analyser av materialet.

Avslutningsvis pekas i rapporten på några ytterligare modeller som är fullt möjliga att utveckla beroende på intresse och behov:

- Resursförbrukningsmodeller, dvs för olika typer av bränder kunna skatta brandutvecklingen beroende på insatta resurser.
- Regionala modeller för dels resurs dimensionering, dels resursförbrukning.
- System av modeller för optimal fördelning av resurser utifrån givna kostnader och/eller resurser.

5. Brandriskprognoser med hjälp av en hydrologisk modell

SMHI har tidigare utfört en förstudie beträffande möjligheten att förbättra brandriskprognoserna med hjälp av en hydrologisk modell. I slutrapporten redovisas ytterligare resultat av en vidareutveckling av modellen och dess tillförlitlighet. Analysen har skett med hjälp av historisk data. Under den senare delen av sommaren 1995 har den vidareutvecklade modellen testats operationellt vid SMHI.

Undersökningen visar att det finns tydliga samband mellan hydrologiska modellens beräknade markfuktighet och såväl antalet skogsbränder som den nedbrunna arealen. Utvärderingen har gjorts över en mycket lång tidsperiod vilket visar att modellen kan beskriva både ovanligt torra och ovanligt blöta år. Modellen har provats i olika områden och resultaten tyder på att modellen är tillämpbar i hela landet. Jämfört med nuvarande brandriskmodell motsvarar den utvecklade hydrologiska modellen bättre den subjektiva bilden av hur brandrisken förändras under säsongen.

Resultaten visar att maj månad är den mest svårbedömda perioden för brandriskprognoser både med markfuktighetsmodellen och nuvarande modell (WBKZ). Den utvecklade hydrologiska modellen är minst lika bra som den hittills använda WBKZ-modellen.

Enstaka exemplar av nedanstående rapporter kan beställas från Räddningsverkets trycksaksförråd helst via telefax 054-10 42 10 eller på telefon 054-10 42 86.

Släckmedelstillsatser för skogsbrandbekämpning

Beställningsnummer: R53-119/95

Användning av blixtolokalisering för indikering av skogsbrand

Beställningsnummer: R53-124/95

System och metoder för indikering av skogsbrand

Beställningsnummer: R53-130/96

Sammanställning av släckningskostnader för skogsbränder 1994

Beställningsnummer: R53-128/96

Sambandsanalyser av resursåtgång för olika typer av skogsbränder

Beställningsnummer: 131/96

Brandriskprognoser med hjälp av en hydrologisk modell slutrapport november 1995

Beställningsnummer: R53-127/96

Kontaktperson inom SRV: Leif Sandahl, Rmt, tfn 054-10 43 12.

Tidigare nummer av Aktuellt från Räddningsverket under 1996

Nr 1-96 Tryckförluster i kopplingar för brandslang 38/42 mm (*Metod och teknik*)

Nr 2-96 Automatiskt brandlarm – Onödiga larm – Utrymningslarm – anvisningar (*Olycksförebyggande*)