

Utveckling av en modell för gräsbrands- varning under våren

Johan Andréasson och Marie Gardelin
SMHI

Räddningsverkets kontaktperson:
Leif Sandahl, Enheten för skadebegränsande verksamhet, telefon 054-13 53 12

Innehållsförteckning

Abstract	5
Sammanfattning	7
1. Bakgrund	9
2. Bestämning av gräsbrandssäsongens utbredning i tiden	10
2.1 Metod	10
2.2 Gräsbrandssäsongens start	11
2.3 Gräsbrandssäsongens slut.....	11
2.4 Kartpresentation av gräsbrandssäsongen	15
3. Utveckling av modell som beskriver gräsbrandsriskens variation under den bestämda säsongen	17
3.1 Metod	17
3.2 Genomförda tester	18
3.2.2 Utvärdering av variabler	22
3.3 Villkorsmodell.....	24
3.4 Integrering av delmodellerna och kartpresentation.....	27
4. Kartpresentation av statistik över inträffade gräsbränder	28
5. Diskussion	33
6. Slutord	34
7. Referenser	34
Bilagor:	
Bilaga 1 (4 sidor)	
Bilaga 2 (4 sidor)	

Development of a Model for Prediction of Springtime Grassland Fire Danger

Abstract

This report describes the development of a model for prediction of the grassland fire season during spring, and a model that describes the variation in grassland fire danger during this season. Both models have been developed and evaluated against a large statistical database for grassland fire events in Sweden between 1996 and 2000. The grassland fire season begins with the ablation of the snow cover as described by the hydrological HBV model. A temperature sum is used to determine when the fraction of new green grass is large enough to inhibit the grassland fire danger in the dead grass from the previous year. A grassland fire index has been created that reflects the moisture content in the grass. The index is based on conditional statements for soil moisture conditions in a very thin layer calculated with the HBV model in combination with the relative air humidity. The results from the two models are combined and presented as maps covering the entire country.

Sammanfattning

I rapporten beskrivs utvecklingen av en modell för att avgränsa säsongen för bränder i torrt fjolårsgräs under våren och en modell som beskriver hur stor gräsbrandsfaran är under denna period. Säsongens början bestäms av snösmältningen som frilägger fjolårsgräset. Säsongens slut bestäms av inväxningen av grönt gräs i sådan omfattning att fuktigheten i det färskgräset hämmar risken för gräsbränder. Då det inte har varit möjligt att erhålla data från testbränningar har istället ett omfattande statistiskt underlag över inträffade gräsbränder använts för utvecklingsarbetet. Kommunvis redovisad statistik över inträffade bränder inklusive nedbränd areal för åren 1996-2000 har inhämtats från Statistiska Centralbyrån. Genom att studera statistik över nedbränd areal har gräsbrandssäsongens början och slut kunnat bestämmas för fyra geografiskt spridda testområden för åren 1996-2000. En sammanställning har även gjorts av gräsbrandsstatistiken från landets kommuner för perioden 1996-2001.

Tester visade att avsmältningen av HBV-modellens beräknade snötäcke väl överensstämmer med gräsbrandssäsongens definierade början från det statistiska underlaget. För att beskriva inväxningen av grönt gräs i fjolårsgräset utvecklades en temperatursumma som anpassades så att den väl beskriver gräsbrandssäsongens slut i de fyra testområdena. Både lufttemperatur och beräknad marktemperatur testades vid konstruktionen av temperatursumman. Testerna visade att marktemperatur var den bästa att använda, men beräkningen av denna innehöll en del parametrar som kan vara svåra att bestämma. Därför överfördes vissa av marktemperaturens egenskaper till lufttemperaturen, det vill säga snöns isolerande effekt och att marktemperaturen inte svänger lika kraftigt som lufttemperaturen. Med dessa modifikationer erhöles lika bra resultat som med marktemperatur, men med betydligt enklare beräkningar. Modellen har implementerats i ett rikstäckande modellsystem med grafiska kartpresentationer som har varit i drift under 2002.

Utvecklingsarbetets andra del bestod i att ta fram en modell som även beskriver hur brandfaran varierar under gräsbrandssäsongen. Baserat på den statistiska utvärderingen av ett stort antal meteorologiska och hydrologiska variabler mot gräsbrandsstatistiken valdes slutligen tre variabler att ingå i en villkorsmodell. Dessa var relativ luftfuktighet kl 12 UTC, ytlig markfuktighet beräknat med HBV-modellen och förändringen från föregående dag i ytlig markfuktighet. Villkorsmodellen har tre nivåer, ingen gräsbrandsfara när det ligger snö enligt HBV-modellen och vid barmark låg och hög gräsbrandsfara. Villkorsmodellen har integrerats till en gemensam kartpresentation tillsammans med modellen för beräkning av gräsbrandssäsongen.

Nyckelord: Gräsbrand, gräsbrandsvarning, gräsbrandssäsong, brandriskmodell, brandriskprognos, gräsbrandsstatistik, temperatursumma

1. Bakgrund

Brandriskmodeller för skogsbrandsrisk har funnits och använts vid SMHI sedan ett antal år tillbaka (Gardelin, 1996, 1997 och 2001). Skogsbrandsrisk och gräsbrandsrisk är inte styrda av riktigt samma betingelser, vilket gör att skogsbrandsmodeller inte täcker behovet för gräsbrandsvarningar.

Skogsbränder inträffar främst under sommaren när skogsmarkerna har torkat ut, medan problematiken med gräsbränder är störst under den tidiga vårsäsongen när det vassna fjolårsgräset friläggs av snösmältningen och det nya gröna gräset ännu inte har hunnit växa upp. Utvecklingen av en modell, specifikt för gräsbrandsvarningar under den tidiga vårsäsongen, delades in i två delproblem. Först utvecklades en metod för att begränsa gräsbrandssäsongens utbredning under våren och därefter en metod för att bestämma hur gräsbrandsfaran varierar under den aktuella perioden.

Gräsbrandssäsongen slutar när nytt grönt gräs har växt upp tillräckligt för att hämma gräsbrandsrisken. Tillväxten av det nya gräset behöver därför beskrivas för att kunna fastställa när denna gräns uppnås. I en förstudie (Pettersson och Gardelin, 2000) visades att denna tidpunkt borde kunna bestämmas med någon typ av temperatursumma. Förstudien visade också att gräsbrandssäsongens början sammanfaller väl med HBV-modellens (Bergström, S. 1995) beräknade avsmältning av snötäcket. I arbetet med att ta fram en lämplig temperatursumma och ett gränsvärde för när gräsbrandssäsongen kan anses vara över har räddningsverkets statistik över inträffade bränder för åren 1996-2000 använts.

Under den definierade gräsbrandssäsongen är förhållandena inte alltid sådana att det är stor fara för gräsbrand, utan brandfaran är beroende av fuktigheten i bränslet, d v s det döda fjolårsgräset. För att kunna utveckla en metod för att beskriva hur gräsbrandsrisken varierar under denna period måste det finnas data att utvärdera modellresultat mot. Samma statistiska underlag som användes för att ta fram temperatursumman, d v s kommunvis indelad statistik över inträffade gräsbränder för hela Sverige från perioden 1996-2000, har använts även till denna metodutveckling. Önskvärt vore att det även hade funnits fältdata på förnans fuktighet från antändningsförsök, men det har varit svårt att få tillgång till sådana data då få studier av den typen har genomförts. Det finns osäkerheter förknippade med att låta statistik över inträffade gräsbränder beskriva hur gräsbrandsrisken varierar. För att en gräsbrand ska inträffa är det inte tillräckligt att bränslet är torrt, det krävs också att det sker en antändning. Inte heller nedbränd areal kan anses beskriva hur stor gräsbrandsfaran är vid ett visst brandtillfälle, då faktorer som t ex hur lång tid gräsbranden brinner innan den upptäcks och tillgängliga släckningsresurser påverkar brandens storlek. Statistiken har också en inbyggd risk för att stora helger som t ex Valborgsmässoafton och skolornas påsklov blir överrepresenterade på grund av att många människor då vistas utomhus. Trots dessa osäkerhetsfaktorer var statistiken det bästa tillgängliga materialet att basera modellutvecklingen på.

2. Bestämning av gräsbrands- säsongens utbredning i tiden

2.1 Metod

Fyra testområden har använts för att testa olika ansatser för hur gräsbrandssäsongen under vårperioden ska kunna avgränsas i tiden (figur 1). Områdena har valts så att de täcker in olika geografiska regioner. Statistik över inträffade gräsbränder och nedbränd areal, redovisat kommunvis för hela Sverige för perioden 1996-2000, har erhållits från Räddningsverket och SCB. Ur detta material har de närliggande kommunerna runt varje testområde valts ut för att utöka det statistiska materialet över inträffade gräsbränder. Tillräckligt stort statistiskt underlag går annars inte att få eftersom för få gräsbränder inträffar inom varje testområde för att det ska vara möjligt att dra några slutsatser om gräsbrandssäsongens utsträckning i tiden. Förhoppningsvis utgör förhållandena i testområdena ett bra genomsnitt för hela det studerade området, eftersom området har utökats ungefär lika mycket i alla riktningar. Utifrån statistiken över nedbränd areal i testområdena bestämdes för varje område den tidpunkt då den huvudsakliga gräsbrandssäsongen bedömdes avslutad under åren 1996-2000 (tabell 1).

Tabell 1. Gräsbrandssäsongens slut enligt bedömning från gräsbrandsstatistik.

År	Ellinge	Blankaström	Åkesta Kvarn	Dalkarlså
1996	23 april	26 april	24 maj	15 juni
1997	20 april	4 maj	5 maj	18 juni
1998	1 april	2 maj	8 maj	22 maj
1999	6 april	6 april	8 maj	25 maj
2000	10 april	3 maj	17 maj	25 maj



Figur 1. Fyra testområden för bestämning av gräsbrandssäsongen.

2.2 Gräsbrandssäsongens start

Gräsbrandssäsongens start på våren sammanfaller väl med det datum då den modellberäknade snön har smält bort på öppen mark (se bilaga 1). I ett testområde, Dalkarlså, inträffar emellertid ibland gräsbränder till och med tidigare än tidpunkten när det HBV-beräknade snötäcket för öppen mark är helt borta. Dalkarlså är dock ett skogsdominerat avrinningsområde med endast liten andel öppen mark. Detta kan göra att snöparametrarna för öppen mark inte kan kalibreras optimalt på grund av att effekten av den öppna marken är liten när den vägs samman med snösmältningen från skogen. Slutsatsen av detta är att låta gräsbrandssäsongen börja när det modellberäknade snötäcket för öppen mark är borta.

2.3 Gräsbrandssäsongens slut

Utgångspunkten för testerna med att bestämma gräsbrandssäsongens slut med hjälp av en temperatursumma har varit att finna ett samband som gäller för hela Sverige, här representerat av de fyra testområdena. Målet har alltså varit att finna en temperatursumma som så väl som möjligt överensstämmer med det definierade gräsbrandslutet i alla fyra områdena. Som mått för att bestämma bästa temperatursumma minimerades standardavvikelsen i antal dagar från den dag då gräsbrandssäsongen definierats vara slut. Information om temperatursummor och dess uppbyggnad har sökts i litteraturen. Det finns lite att finna om temperatursummor för generella tillämpningar, som detta måste anses vara eftersom gräsbrandsproblemet rör en blandning av

gräsarter och örter. Däremot fanns en del att finna vad det gäller jordbruksgrödor, främst vete, och kopplingen mellan deras utveckling och temperatursummor (t ex Jamieson m fl, 1995, Madakadze m fl, 1998 och Jame m fl, 1999).

En temperatursumma (*GDD*) beräknas enligt:

$$GDD = \sum_{i=1}^n (T - T_b) \quad \text{om } T > T_b, \text{ annars är } T = T_b \quad (1)$$

Där:	<i>GDD</i>	=	Akkumulerad temperatursumma [°C]
	<i>T</i>	=	Temperatur aktuell dag [°C]
	<i>T_b</i>	=	Bastemperatur [°C]

Den bastemperatur som används i olika tillämpningar är inte konstant utan varierar för olika grödor och beroende på vilken temperatur som används för att beräkna temperatursumman. Det förekommer exempel på bastemperaturer mellan 0°C och +5°C (t ex Madakadze m fl, 1998 och Jame m fl, 1999). I litteraturen finns också exempel på att både lufttemperatur och marktemperatur används vid beräkning av temperatursummor. Vilken metod som anses bäst varierar mellan olika tillämpningar. Jame m fl, (1999) anser att marktemperatur är bättre medan t ex McMaster och Wilhelm (1998) anser att det inte är någon skillnad på om temperatursumman beräknas med marktemperatur eller med lufttemperatur. I Finland, där man har en liknande ansats för bestämning av gräsbrandssäsongen som avses här, används lufttemperatur och bastemperaturen 5°C för beräkningarna (Venäläinen, A., pers. komm.).

Eftersom det i litteraturen var svårt att finna något som direkt var tillämpbart på gräsbrandsproblemet beslutades att genomföra tester på så bred front som möjligt. Försök gjordes därför med både beräknad marktemperatur, enligt tidigare försök i HBV-modellen (Sandén, 1992), och beräknad lufttemperatur. Det visade sig att användandet av marktemperatur gav bättre resultat än att räkna direkt på lufttemperaturen. Beräkningen av marktemperaturen innehåller dock en del parametrar som kan vara svåra att bestämma. Därför användes några egenskaper hos marktemperaturen för att modifiera lufttemperaturen så att resultatet blir mer likt marktemperaturen. De egenskaper som har överförts till beräkningen av lufttemperatursumman är att snötäcket har en isolerande förmåga samt att marktemperaturen inte varierar riktigt lika fort som lufttemperaturen. Med dessa enkla modifieringar erhöles lika bra resultat som då marktemperaturen användes,

fast med betydligt enklare beräkningar. För att finna det samband som gav bäst resultat varierades bastemperaturen mellan 0°C och +7°C, med steg om hela grader. För att ta hänsyn till att temperaturen nära, eller i, marken inte varierar lika fort som lufttemperaturen utjämnades temperaturserien med hjälp av ett löpande medelvärde som varierades mellan 1 och 8 dagar. På så sätt testades 64 olika kombinationer av temperatursamband (8 temperatursteg \times 8 utjämningslängder). Samtliga dessa testade temperatursummor (temperatursamband) har utvärderats statistiskt. Den temperatursumma som slutligen gav bäst resultat i form av lägst standardavvikelse i antal dagar från det definierade slutet på gräsbrandssäsongen valdes ut.

Beräkningen av den temperatur och temperatursumma som gav bäst resultat redovisas nedan:

Först korrigeras lufttemperaturen för snöns isolerande effekt, på samma sätt som i beräkningen av marktemperaturen, enligt:

$$\begin{aligned}
 T_{corr} &= 0 && \text{om snötäcket på öppen mark} > 5 \text{ mm } SVE^* \\
 T_{corr} &= 0.1 * T_{luft} && \text{om } T_{luft} < 0 \text{ och snötäcket på öppen mark} < 5 \text{ mm } \\
 & && SVE \\
 T_{corr} &= T_{luft} && \text{annars}
 \end{aligned}$$

* $SVE = \underline{S}$ nö \underline{V} atten \underline{E} kvivalent

Därefter utjämnas temperaturserien över 7 dagar med hjälp av ett löpande medelvärde enligt:

$$T_i = (T_{i-6} + T_{i-5} + T_{i-4} + T_{i-3} + T_{i-2} + T_{i-1} + T_i) / 7 \quad \text{där } i = \text{dagnummer.}$$

Slutligen beräknas temperatursumman, GDD , enligt:

$$GDD = \sum_{1:a \text{ januari}}^{\text{aktuell dag}} (T - T_b) \quad \text{Om } T > T_b, \text{ annars är } T = T_b \quad (2)$$

Vid beräkningen av temperatursumman används bastemperaturen, $T_b = 2^\circ\text{C}$. Beräkningen av temperatursumman startar för varje gräsbrandssäsong med $GDD = 0^\circ\text{C}$ den 1 januari.

Enligt ovanstående samband kan gräsbrandssäsongen anses vara över då temperatursumman passerat $GDD = 122^\circ\text{C}$. Det är dock vanskligt att ange en absolut siffra, varför ett intervall bör användas istället. Intervallet som klassas som avtagande gräsbrandssäsong är $120^\circ\text{C} < GDD < 140^\circ\text{C}$.

Resultat från beräkningar gjorda med detta temperatursamband redovisas i tabell 2.

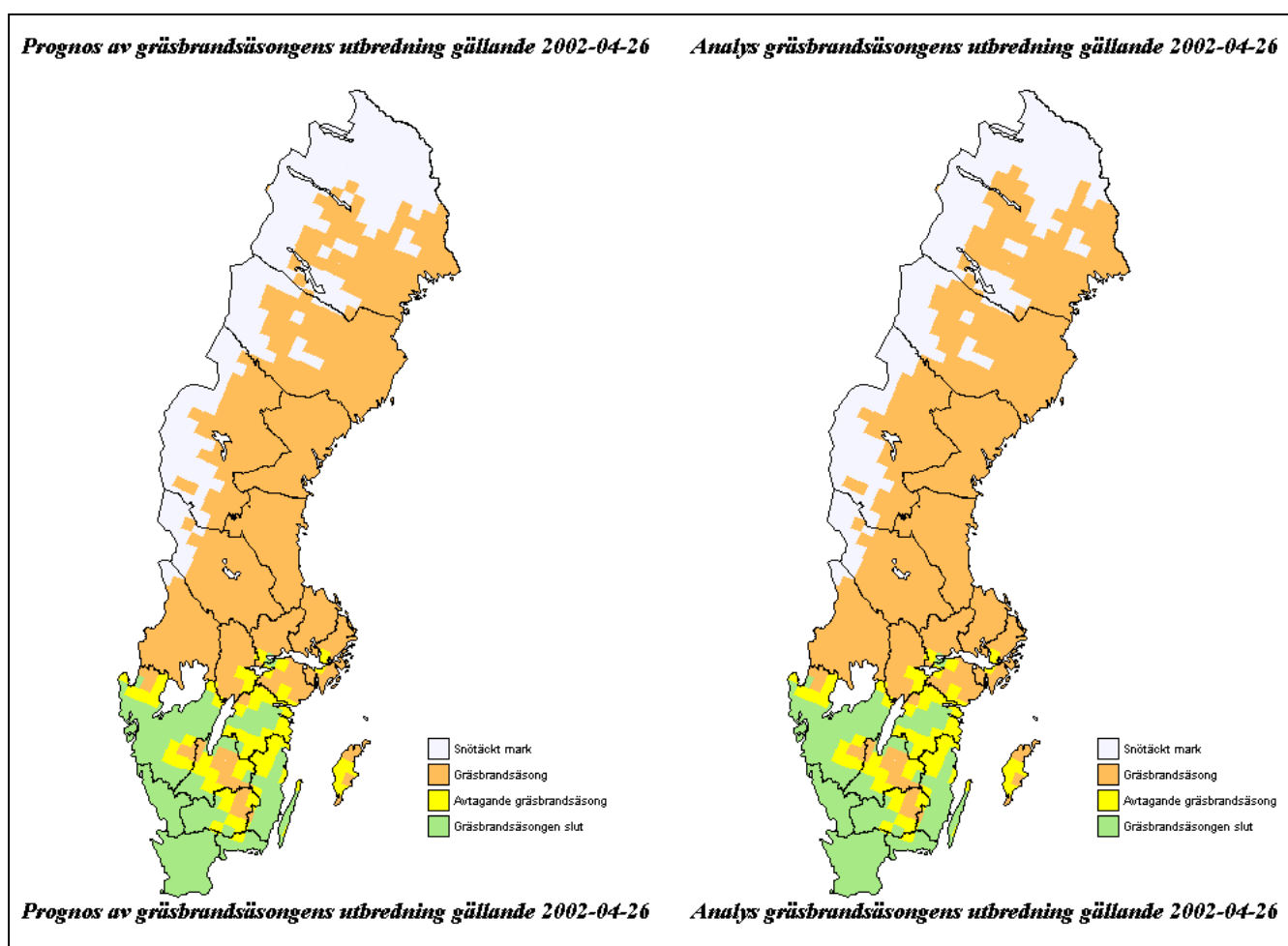
Tabell 2. Skillnad i dagar mellan gräsbrandslut enligt statistik och enligt temperatursamband med $T_b = 2^\circ\text{C}$ och 7 dagars utjämning av temperaturserien. Gräsbrandssäsongen enligt temperatursambandet definieras som slut när $GDD > 122^\circ\text{C}$. Negativ skillnad innebär att gräsbrandssäsongens slut inträffar tidigare enligt temperatursambandet än enligt statistiken.

År	Ellinge	Blankaström	Åkesta Kv	Dalkarlså	Standard- avvikelse
1996	5	9	-10	-11	10.2
1997	3	4	5	-7	5.6
1998	-1	0	-2	16	8.5
1999	6	18	-7	10	10.4
2000	7	-4	-14	1	8.9
Totalt					8.6

I Bilaga 1 redovisas diagram med resultaten från beräkningarna i varje testområde. I diagrammen visas nedbränd areal som svarta staplar. Modellerat snötäcke på öppen mark visas som blå fält. Gränsen för när temperatursumman indikerar att gräsbrandssäsongen är slut (122°C) visas som ett blått vågrätt streck. Den ackumulerade temperatursumman visas som röd linje. Gräsbrandssäsongens slut enligt bedömning från statistiken visas som blå ring på x-axeln och gräsbrandssäsongens slut enligt temperatursambandet visas som röd romb på x-axeln.

2.4 Kartpresentation av gräsbrandssäsongen

Beräkningen av temperatursumman har under 2002 gjorts i realtid för hela Sverige i grid-storleken 22×22 km. Som drivdata till modellen användes analyserade meteorologiska data (Mesandata) i grid-form över samma gridnät som modellen samt meteorologiska 24 och 48 timmars prognoser i samma format. Resultatet presenterades som kartor med fyra olika klasser (se figur 2). Eftersom modellen drevs med andra indata än de som användes för modellutvecklingen och också använde generella regionala parametrar fanns en risk att resultaten skulle skilja sig mellan testmodellen och den rikstäckande modellen. Innan modellen togs i drift gjordes därför tester med historiska data för 1999 och 2000. Dessa tester visade att övergången inte påverkade resultaten särskilt mycket (tabell 3).



Figur 2. Exempel från realtidskörningar under säsongen 2002. Den vänstra kartan visar 48 timmars prognosen för den 26/4 (gjord 24/4) och den högra kartan visar modellresultat för den 26/4 med analyserade indata.

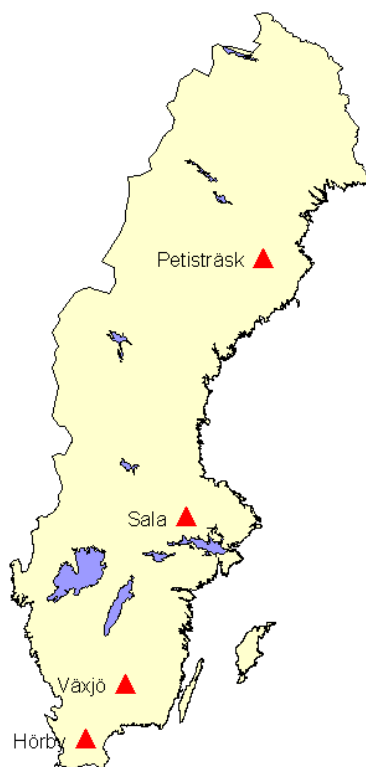
Tabell 3. *Avvikelse från resultat i antal dagar erhållet med Sverigemodellen jämfört med utvecklingsmodellen. Inom parantes ges avvikelsen mellan utvecklingsmodellen och statistik enligt tabell 2.*

År	Ellinge	Blankaström	Åkesta Kv	Dalkarlså
1999	+1 (6)	+2 (18)	0 (-7)	-1 (10)
2000	+1 (7)	0 (-4)	0 (-14)	-1 (1)

3. Utveckling av modell som beskriver gräsbrandsriskens variation under den bestämda säsongen

3.1 Metod

Samma fyra statistikområden som användes för utvecklingen av temperatursumman har använts även för utvecklingen av brandriskmodellen, men istället för att använda alla klimatstationer som ingick i uppsättningen av HBV-modellen i de olika testområdena har istället fyra klimatstationer använts. Detta har gjorts för att undvika att vikta samman flera klimatstationer vid tester med andra variabler än bara temperatur och nederbörd. De använda klimatstationerna, Hörby, Växjö, Sala och Petisträsk (figur 3), har valts så att de ligger i samma områden som användes för utveckling av temperatursumman (figur 1). I samband med detta infördes även generella regionala parametrar i HBV-modellen för att så långt som möjligt erhålla samma resultat under utvecklingsarbetet som under senare implementering i det rikstäckande systemet.



Figur 3. Klimatstationer använda för modellutveckling.

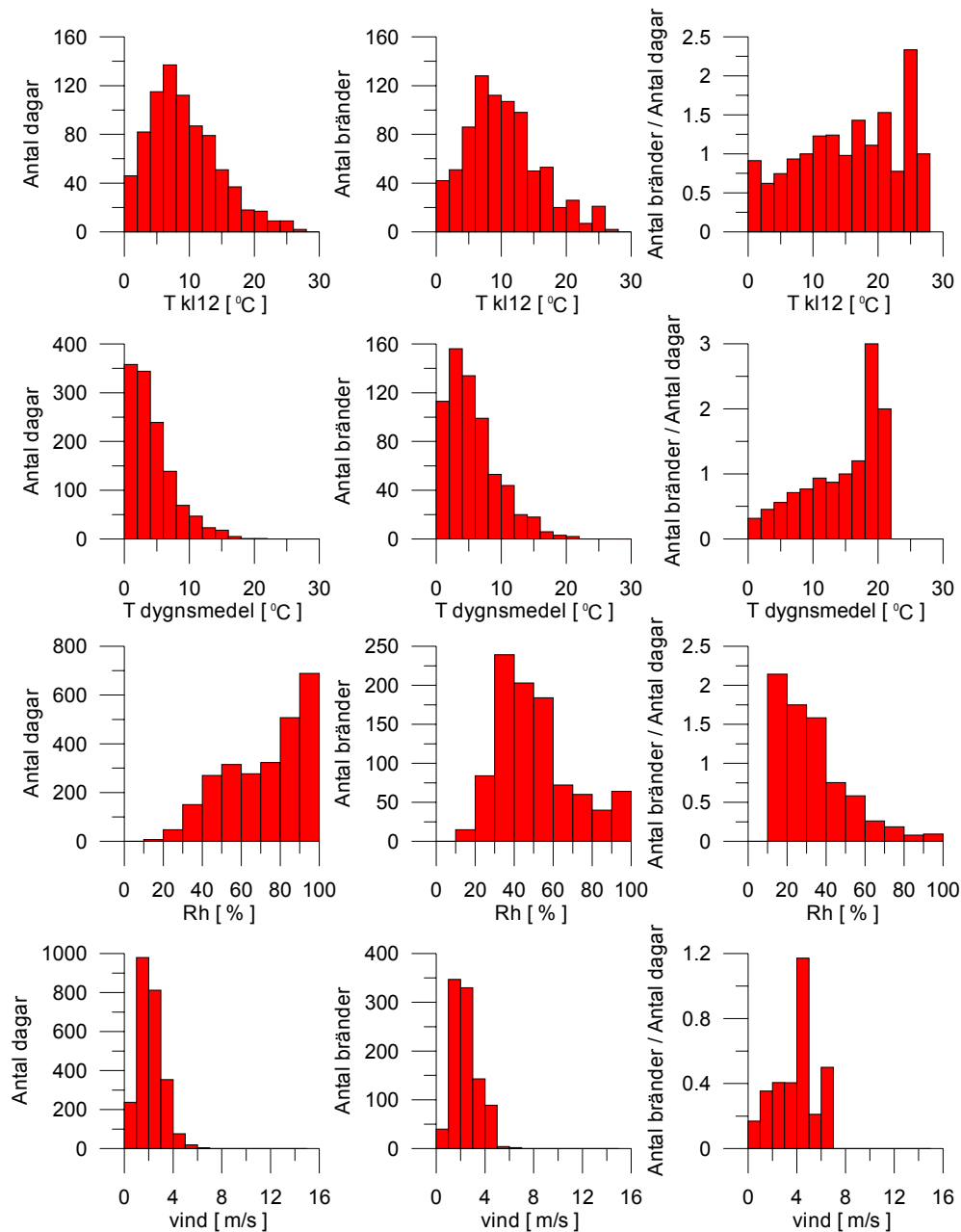
Risken för gräsbrand är intimt sammankopplad med fuktigheten i det döda fjolårsgräset. Det är alltså ett mått på denna förnafuktighet som eftersträvas. I skogsbrandsmodellen används en flerskiktsmodell för att få en korrekt beskrivning av markfuktighetens variation över djupet (Gardelin, 2001). I fallet med fuktighet i dött fjolårsgräs handlar det om ett mycket tunt markskikt som påverkar fuktigheten. I simuleringar med HBV-modellen har därför en skiktad markrutin använts där det ytligaste skiktet motsvarar ett markdjup av ungefär 1 cm. Fuktigheten i fjolårsgräset varierar dock fortare än markfuktigheten på grund av att förnans struktur och stora yta leder till ett stort utbyte med den omgivande luften. På grund av detta har även effekten av klimatologiska variabler som relativ luftfuktighet, vindhastighet, soltid, globalstrålning, nederbörd och temperatur undersökts. Parallellt med försöken att finna en ny modellansats har även vissa komponenter ur den kanadensiska FWI-modellen utvärderats eftersom man tidigare diskuterat deras användbarhet för gräsbrandsvarningar (se t ex Forestry Canada Fire Danger Group, 1992 och Alexander, 1994). Avsikten har dock här varit att utveckla en modell som är fristående från den kanadensiska skogsbrandsmodellen.

3.2 Genomförda tester

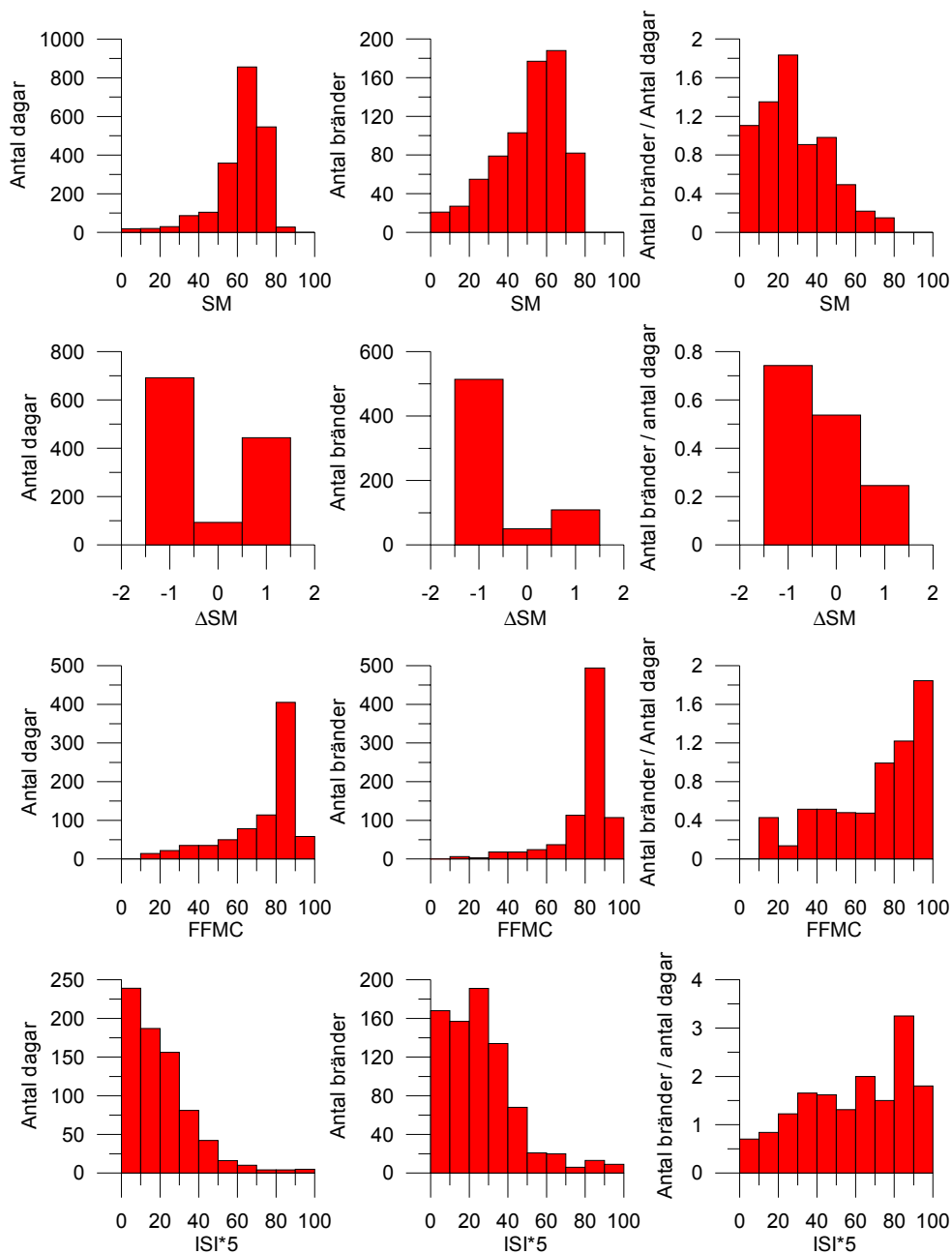
Som en första test på sambanden mellan inträffade gräsbränder och HBV-modellens markfuktighet, klimatologiska variabler och FWI-modellens komponenter utfördes korrelationsanalys. Analysen baserades dels på hela årets gräsbrandsstatistik, men även på gräsbrandsstatistiken från enbart den definierade vårgräsbrandssäsongen. Resultaten från de olika perioderna skiljde sig åt en del. Om hela året studeras uppvisar mer ”långsamtorkande” variabler som HBV-modellens översta markskikt, FWI-modellens DC, DMC och BUI starkare korrelation mot antalet inträffade bränder än om den definierade gräsbrandssäsongen studeras. När den definierade gräsbrandssäsongen studeras erhålls starkast korrelation mot antalet bränder för luftfuktigheten följt av FWI-modellens FFMC (Fine Fuel Moisture Code). Med tanke på att bränslet under vårsäsongen i stort sett består endast av visset gräs är det inte förvånande att luftfuktigheten är den variabel som är bäst korrelerad, eftersom fuktigheten i det vissna gräset då är starkt beroende av luftfuktigheten. Senare under sommaren när det nya gräset växt upp får markens fuktighet större betydelse på fuktigheten i växtligheten varför också korrelationen till djupare fuktighetsindex ökar. Det är också för dessa förhållanden som FWI-modellen ursprungligen är utvecklad och därför blir då också resultatet bättre.

Att utvärdera samband mellan gräsbrandsstatistik och möjliga variabler/komponenter med hjälp av korrelationsanalys har vissa svagheter. Dels är det inte säkert att kopplingen mellan antalet inträffade gräsbränder och den verkliga gräsbrandsfaran är särskilt bra, eftersom det krävs att det torra gräset antänds för att en gräsbrand ska uppstå. Dels kan inte

korrelationsanalys användas om en av de testade variablerna är konstant eller nära konstant, vilket kan vara fallet för ett mått på gräsbrandsfara när gräsbränder inträffar. Låt säga att ett gräsbrandsindex alltid, eller nästan alltid, ligger på samma nivå när gräsbränderna inträffar och därför på ett bra sätt beskriver när gräsbränder kan inträffa. Gräsbrandsindexet skulle trots detta kunna uppvisa väldigt låga korrelationer mot gräsbrandsstatistiken då variationen i indexets värde är liten när gräsbrandsfaran är stor och gräsbränder inträffar. Eftersom det således inte går att enbart förlita sig på korrelationsanalys gjordes även frekvensdiagram över antalet bränder inom ett variabelintervall dividerat med antalet dagar som variabeln ligger inom samma intervall för att grafiskt studera hur väl variablerna var kopplade till gräsbrandsstatistiken (figur 4 och 5). En användbar variabel bör då ha en frekvensfördelning där kvoten mellan antalet bränder och antalet dagar stiger med ökande gräsbrandsrisk.



Figur 4. *Fördelningsdiagram över antalet dagar och antalet bränder samt frekvensdiagram för antal bränder / antal dagar inom intervall av varje variabel. T kl. 12 är lufttemperaturen kl. 12, T dygnsmedel är dygnsmedel av lufttemperaturen, Rh är relativ luftfuktighet kl. 12 och vind är vindhastighet kl. 12. Fyra års brandstatistik har använts för fyra testområden. Klimatologiska data har hämtats från motsvarande klimatstationer (Hörby, Växjö, Sala och Petisträsk).*



Figur 5. *Fördelningsdiagram över antalet dagar och antalet bränder samt frekvensdiagram för antal dagar inom intervall för varje variabel. SM är modellerad markfuktighet i det översta en cm tjocka markskiktet, ΔSM är tecknet på förändringen i SM från föregående dag, FFMC och ISI är komponenter från FWI-modellen. Fyra års brandstatistik har använts för fyra testområden. Klimatologiska data har hämtats från motsvarande klimatstationer (Hörby, Växjö, Sala och Petisträsk).*

3.2.2 Utvärdering av variabler

Nedan följer en genomgång av de testade variablerna och en kort bedömning av deras förmåga att beskriva risken för gräsbrand. Angivna klockslag är i UTC-tid, det vill säga kl 12 motsvarar kl 13 svensk vintertid respektive kl 14 svensk sommartid.

- Temperatur kl. 12** Frekvensfördelningen för antalet dagar och antalet bränder hade ungefär samma utseende i intervallet 0 - 28°C. Detta medförde att frekvensfördelningen för antalet bränder dividerat med antalet dagar inom varje intervall blev ungefär konstant. Således är temperaturen kl. 12 ingen bra variabel för att förutsäga gräsbrandsfaran.
- Dygnsmedeltemperatur** Även här var frekvensfördelningen för antalet dagar och antalet bränder ungefär lika. Dock inträffade några bränder under det fåtal dagar då temperaturen var hög (18-22°C). Detta ger en frekvensfördelning som ser relativt bra ut, men variabeln lyckades endast ringa in ett fåtal av bränderna varför den trots detta inte kan anses vara bra på att förutsäga gräsbrandsfaran.
- Relativ luftfuktighet kl. 12 (Rh)** Antalet dagar inom varje intervall ökade med ökad luftfuktighet. På omvänt sätt minskade antalet bränder med ökad luftfuktighet. Detta var vad som eftersträvades, d v s få dagar inom ett visst intervall, men med många bränder. Resultatet blir en frekvensfördelning för antalet bränder dividerat med antalet dagar där kvoten ökar med minskad luftfuktighet. Relativa luftfuktigheten är därför en variabel som på ett bra sätt förutsäger gräsbrandsfara.
- Vindhastighet kl. 12** Frekvensfördelningen för både antalet dagar och antalet bränder var ungefär normalfördelad. Detta medför att vindhastigheten inte kan användas för att förutsäga när gräsbrandsfaran är stor. Observera att detta inte gäller för spridningshastigheten utan främst användningsrisken.

- SM** Frekvensfördelningen för antalet dagar var skevt normalfördelad med svans mot de lägre intervallen. Även antal bränder var skevt normalfördelad, dock med något tydligare svans mot de lägre intervallen. Detta gav en frekvensfördelning för kvoten mellan antal bränder och antal dagar som såg relativt bra ut. Trenden var att kvoten ökade med minskad SM, vilket gör att variabeln skulle kunna användas för att förutsäga när gräsbrandsfaran är stor.
- Δ SM** Δ SM har bara tre intervall, negativ, noll och positiv. Negativt Δ SM betyder att det är en upptorkningsfas. När Δ SM är noll är förhållandena konstanta och positivt Δ SM betyder att det är en vätningsfas med ökande markfuktighet. Antalet dagar inom intervallen var flest för negativt Δ SM följt av positivt Δ SM och minst för Δ SM lika med noll. Antalet bränder inom intervallen var ungefär lika för Δ SM = noll och Δ SM = positiv. Negativt Δ SM hade ungefär fem ggr. fler bränder jämfört med de andra klasserna. Frekvensfördelningen för antalet bränder dividerat med antalet dagar visade därför en stor övervikt för Δ SM = negativ, vilket gör att variabeln skulle kunna användas för att förutsäga när gräsbrandsrisken är stor.
- FFMC** FFMC är en komponent i FWI-modellen och står för Fine Fuel Moisture Code. FFMC beräknas från relativ luftfuktighet, lufttemperatur och vindhastighet. Antalet dagar inom varje intervall ökade med ökat värde på FFMC, förutom för det högsta intervallet när antalet dagar var lägre. Det var en stor övervikt för antalet dagar med FFMC > 80, nästan 60% av det totala antalet låg över denna nivå. Antalet bränder hade en likartad fördelning som antalet dagar. Frekvensfördelningen för kvoten mellan antalet bränder och antalet dagar visade att FFMC skulle kunna användas för att förutsäga när gräsbrandsrisken är stor. Skillnaden mellan brandfrekvensen vid höga och låga FFMC är dock inte så stor som för t ex luftfuktigheten.

ISI	ISI är också en komponent i FWI-modellen och står för Initial Spread Index. ISI beräknas från FFMC, men har ett betydligt större vindberoende. Frekvensfördelningen för antalet dagar och antalet bränder såg relativt lika ut och gav därför en frekvensfördelning för kvoten mellan antal dagar och antal bränder som var ungefär konstant. ISI är således ingen bra variabel för att förutsäga när gräsbrandsrisken är stor.
Globalstrålning	Tester gjordes både för globalstrålning kl. 12 och ackumulerad global strålning mellan kl. 9-14. Av dessa uppvisade ackumulerad globalstrålning mellan kl. 9-14 en frekvensfördelning som var mycket lik den som ges av relativ luftfuktighet kl. 12 UTC. Korrelationen mellan dessa båda variabler var också hög vilket ger att en av dessa variabler i princip bidrar med samma information som båda tillsammans.
Soltid kl. 9-14	Både frekvensfördelningen för antal dagar och antal bränder uppvisade orregelbundna mönster, vilket ledde till att även frekvensfördelningen för antal bränder / antalet dagar blev oregelbunden. Denna variabel verkar därför inte kunna användas för att förutsäga när gräsbrandsfaran är stor.

3.3 Villkorsmodell

Då det verkar vara svårt att finna någon variabel som direkt kan kopplas till gräsbrandsrisken och ensamt beskriva hur den varierar skulle en modell baserad på olika villkor kunna vara ett sätt att bygga upp ett brandriskindex. För att en sådan modell ska bli lättbegriplig bör den inte innehålla alltför många variabler. Med tanke på osäkerheterna som uppstår på grund av att vi endast har tillgång till statistik över inträffade bränder bör villkorsmodellen inte heller vara alltför detaljerad, d v s bestå av för många indexsteg.

De faktorer som har identifierats som möjliga kandidater att ingå i en villkorsmodell är:

- Relativ luftfuktighet

- Ackumulerad globalstrålning kl. 9-14
- SM, fuktigheten i ytligt markskikt enligt HBV-modellen
- ΔSM , d v s förändringen i ytlig markfuktighet från föregående dag
- FFMC (komponent i FWI-modellen)
- GDD och HBV-modellerat snötäcke, d v s gräsbrandssäsongs/icke gräsbrandssäsongs

Från ovanstående slutsatser har försök gjorts att ta fram en villkorsmodell. FFMC har inte inkluderats i villkorsmodellen eftersom utvärderingen visat starkare samband för andra variabler ensamma. Avsikten har också varit att utveckla en modell som är fristående från FWI-modellen, så att inte modellen kompliceras ytterligare genom att även FWI-modellen måste köras. Ej heller ackumulerad globalstrålning har tagits med i modellen då denna variabel är i stort sett likvärdig med den informationen som erhålls via den relativa luftfuktigheten. För att det ska vara meningsfullt att presentera ett index på gräsbrandsfara måste vi befinna oss inom den definierade gräsbrandssäsongen. Därför har i dessa försök hänsyn tagits till HBV-modellerat snötäcke, d v s utvärderingen baseras på alla dagar mellan den 1 januari fram till det definierade gräsbrandslutet som är klassade som ”gräsbrandssäsongs”. Det framtagna indexet har indelats i tre klasser.

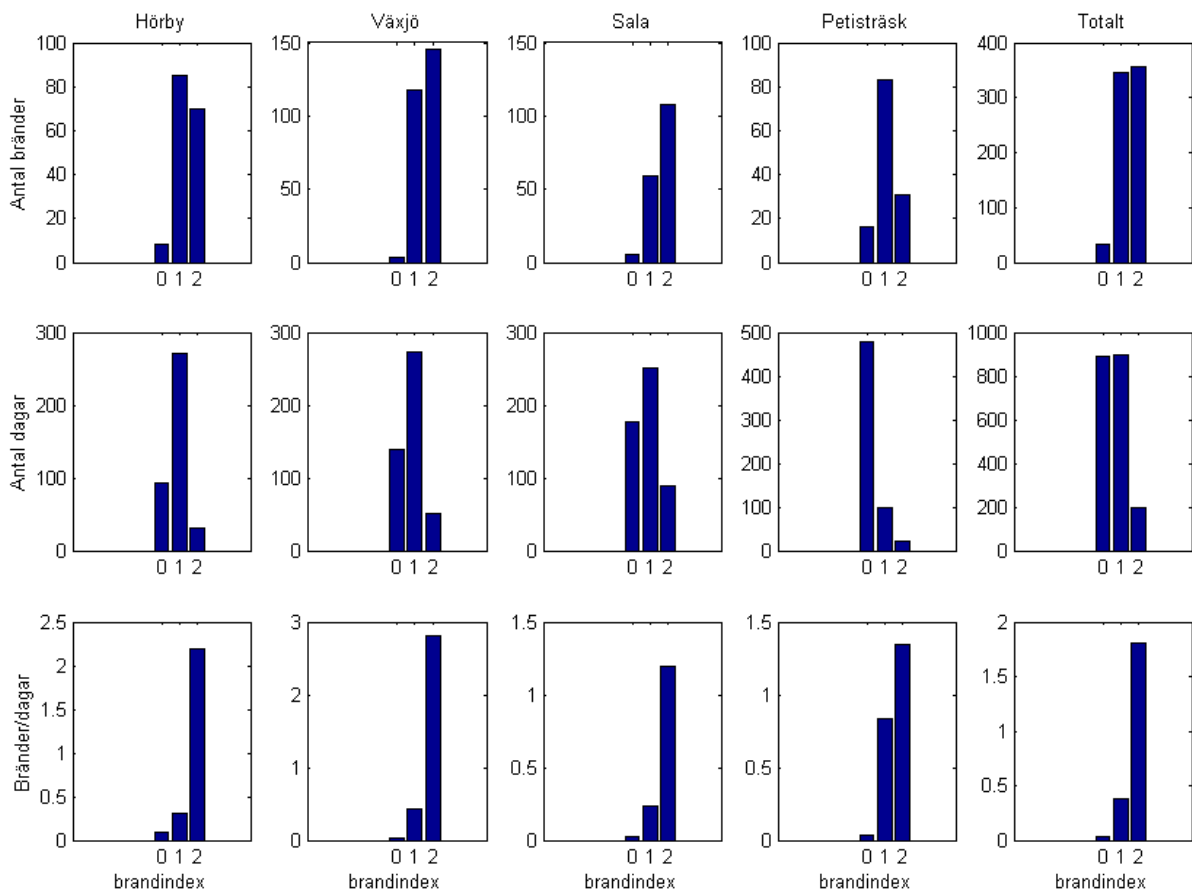
Index = 0	Snötäckt mark \Rightarrow Ingen gräsbrandsfara
Index = 1	Låg gräsbrandsfara
Index = 2	Hög gräsbrandsfara

I tabell 4 visas villkorsgränserna för att ett index ska uppfyllas. Gränserna har tagits fram genom att dels studera frekvensfördelningarna för de ingående variablerna och dels genom tester av hur gränserna påverkar frekvensfördelningen för indexet självt.

Tabell 4. Indexvärden i villkorsmodellen och motsvarande villkor som ska uppfyllas för att indexet ska gälla.

Index	Villkor		
	Rh (%)	SM (%)	Δ SM
2	< 50	< 75	≤ 0
2	< 30	-	-
1	Om inget av de ovanstående variabelvillkoren är uppfyllda		
0	Om det ligger snö (enligt HBV-modellen)		

Resultaten från villkorsmodellen redovisas i form av frekvensdiagram på samma sätt som för de enskilda variablerna (figur 6). Tidsserier från de fyra testområdena för åren 1997-2000 visas i Bilaga 2.

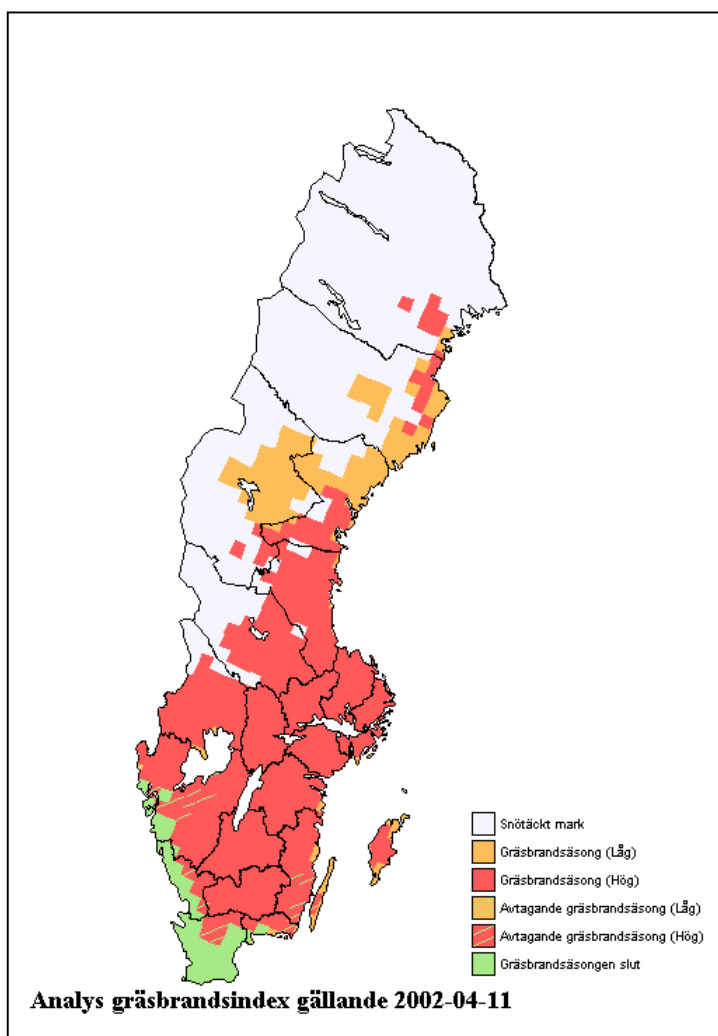


Figur 6. Fördelningsdiagram över antal dagar och antal bränder samt frekvensdiagram för antal bränder / antal dagar inom indexintervall för villkorsmodellen. Modellresultat och statistik från samtliga fyra testområden från definierad gräsbrandssäsong för perioden 1997-2000.

Indexet ger önskat resultat i frekvensfördelning för hela datamaterialet sammantaget, men även då frekvensfördelningarna för varje enskilt område studeras.

3.4 Integrering av delmodellerna och kartpresentation

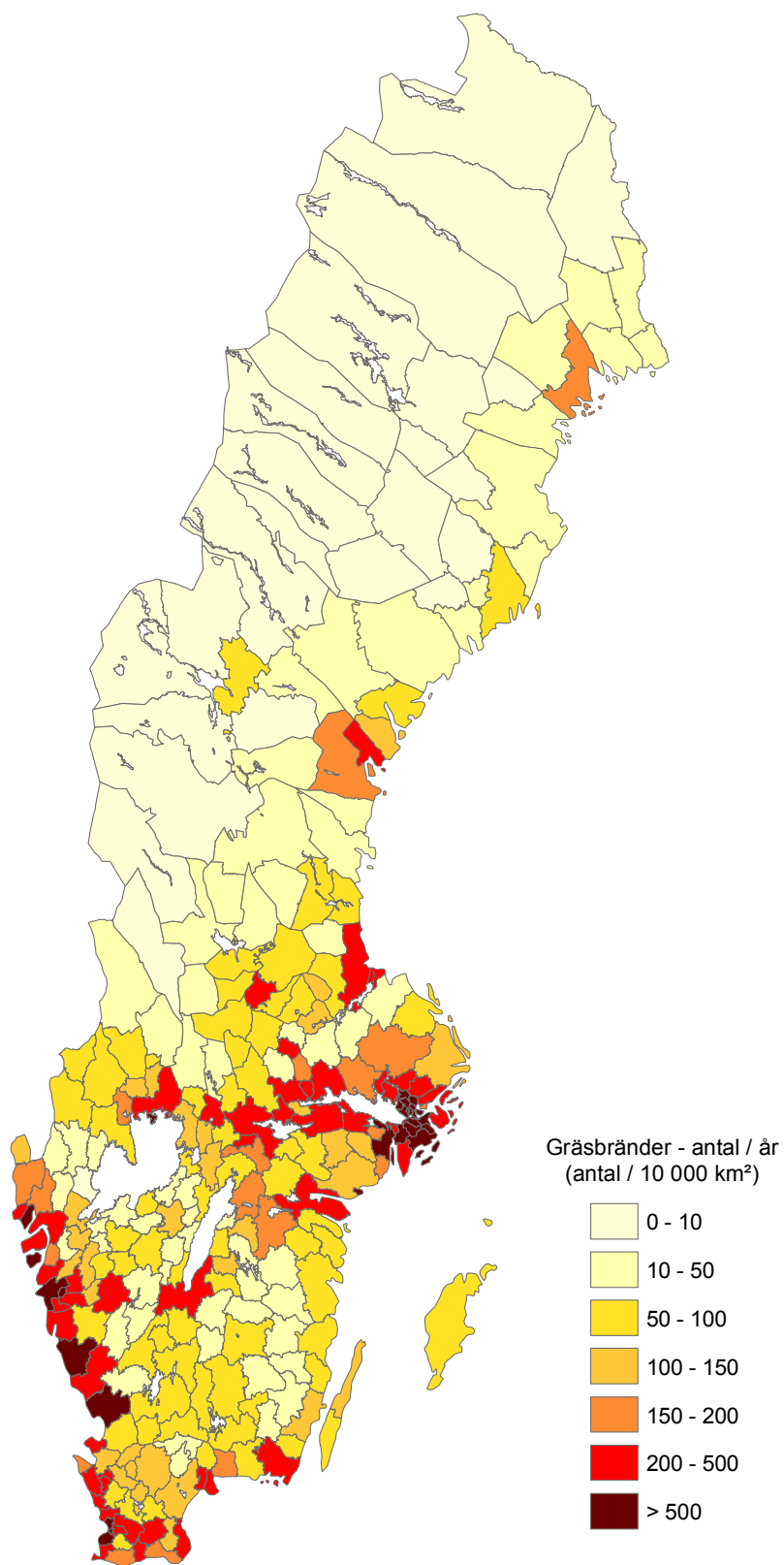
Exempel på presentation av gräsbrandssäsongens utbredning visades i figur 2. Denna presentationsmodell har legat till grund också för den integrerade presentationen där även brandriskindexet ingår (figur 7). De beräkningsrutor som både ligger inom gräsbrandssäsongen och har hög brandrisk presenteras som röda i kartan. De som inte har hög brandrisk, men som ligger inom gräsbrandssäsongen presenteras som orange på samma sätt som i den ursprungliga kartpresentationen. Avtagande gräsbrandssäsong illustreras med gröna ränder genom beräkningsrutorna och när gräsbrandssäsongen beräknas vara över presenteras de med grön färg på samma sätt som tidigare.



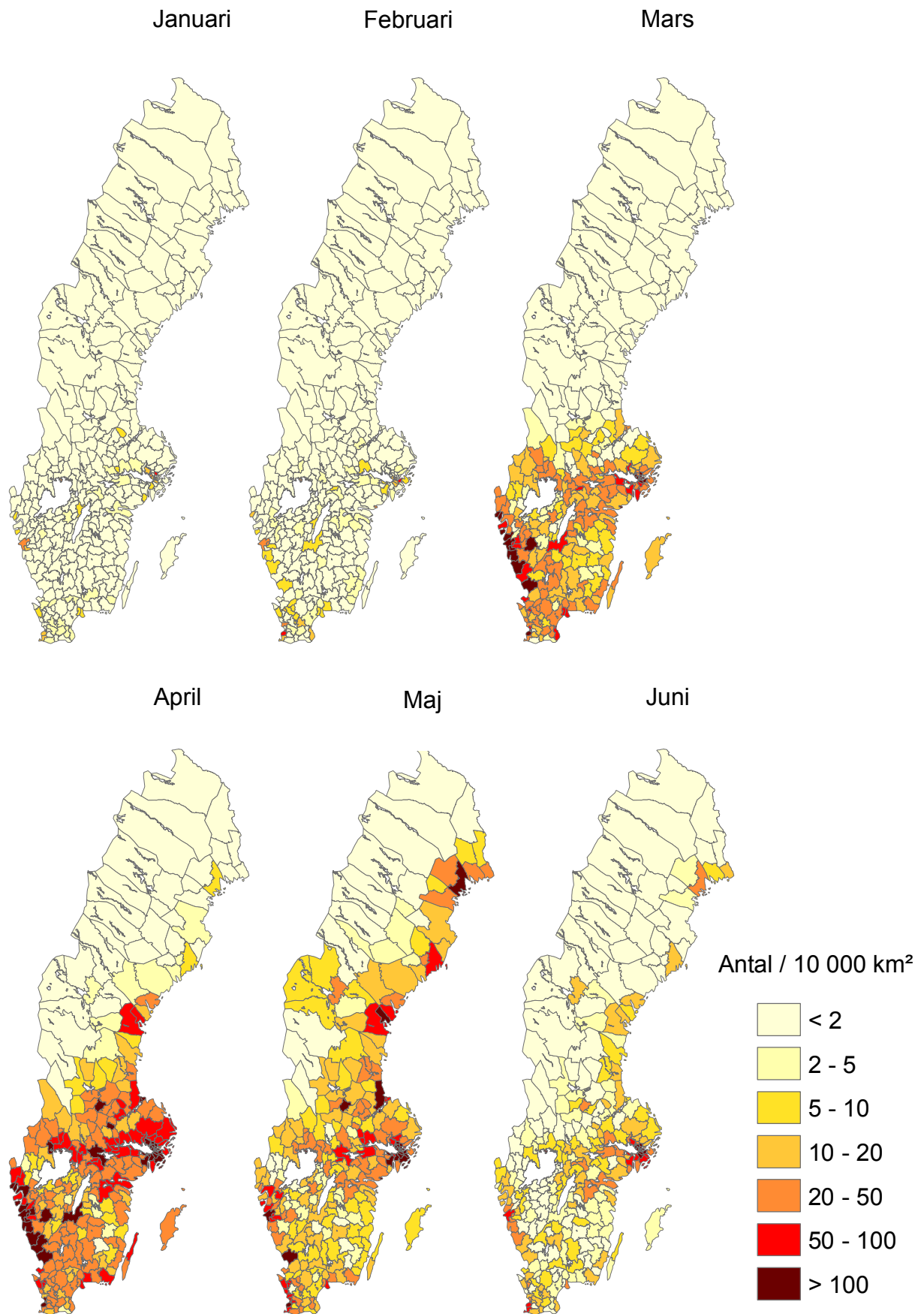
Figur 7. Kartpresentation av den integrerade brandriskmodellen.

4. Kartpresentation av statistik över inträffade gräsbränder

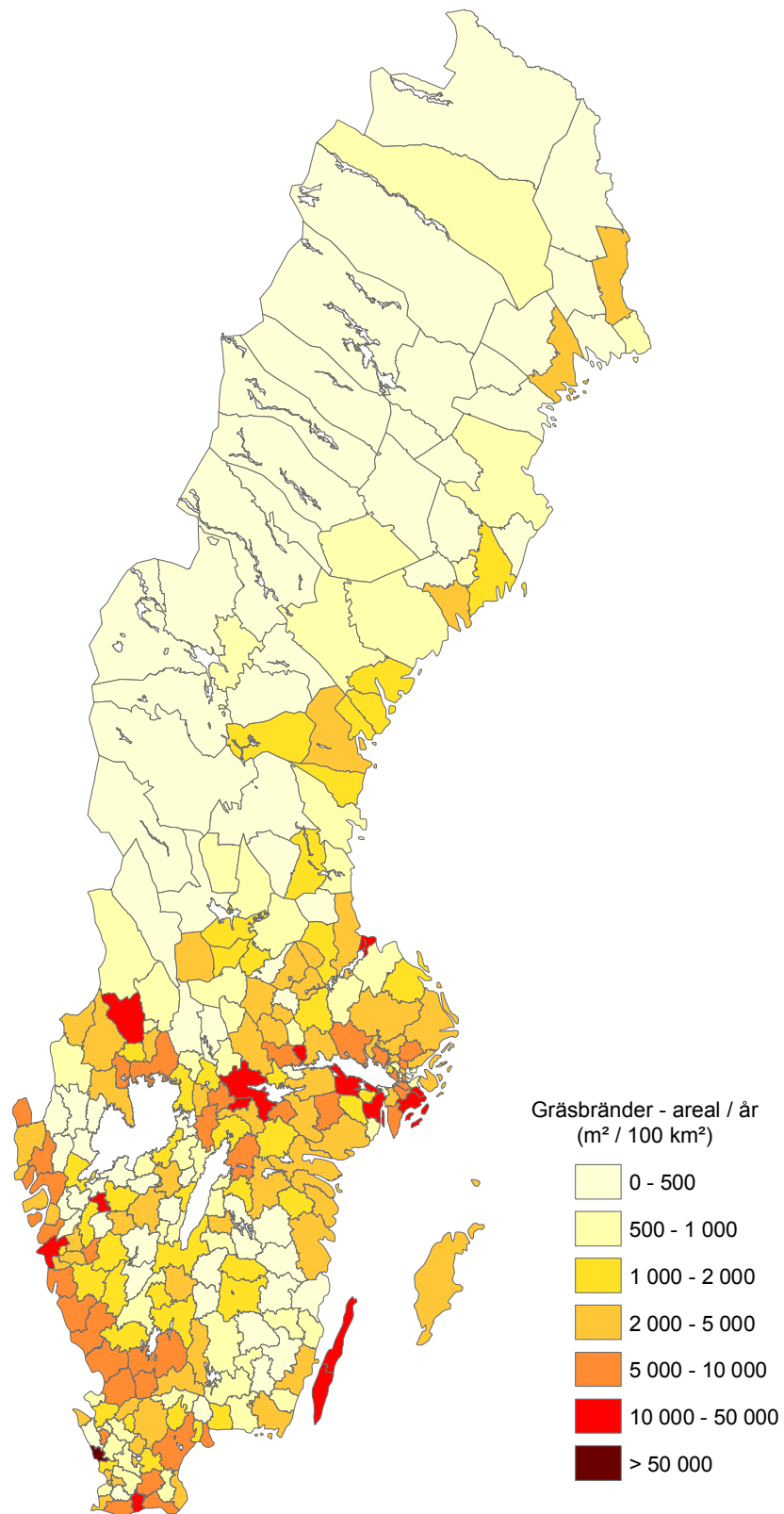
Från Statistiska Centralbyrån har ett omfattande statistikmaterial erhållits över inträffade gräsbränder för perioden 1996-2001, kommunvis uppdelat, för hela Sverige. Statistiken har ett stort värde för att kunna utvärdera de brandriskmodeller som används och även för utvecklingen av dessa modeller. För att få en bättre överblick av materialet och även underlätta för framtida projekt som syftar till att utvärdera och eventuellt justera brandriskmodellerna har det omfattande statistikmaterialet bearbetats och presenterats på Sverigekartor som arealviktade medelvärden av antal bränder (figur 8-9) och nedbränd areal (figur 10-11). Främst har den huvudsakliga säsongen för gräsbrandsvarningar studerats, men även årsmedelvärden har tagits fram. Som tidigare nämnts är statistiken behäftad med vissa egenskaper som ibland kan göra den svårtolkad, bland annat påverkan av stora helger och befolkningstäthet. Detta syns också tydligt i figur 8 där det är möjligt att nästan direkt placera ut de flesta av Sveriges större städer med hjälp av brandfrekvensen. Detta är inte lika tydligt då man studerar statistiken över nedbränd areal (figur 10), vilket skulle kunna bero på att bränder inte upptäcks lika fort i mindre tätbefolkade områden och att det även kan vara längre utryckningsväg för räddningstjänsten.



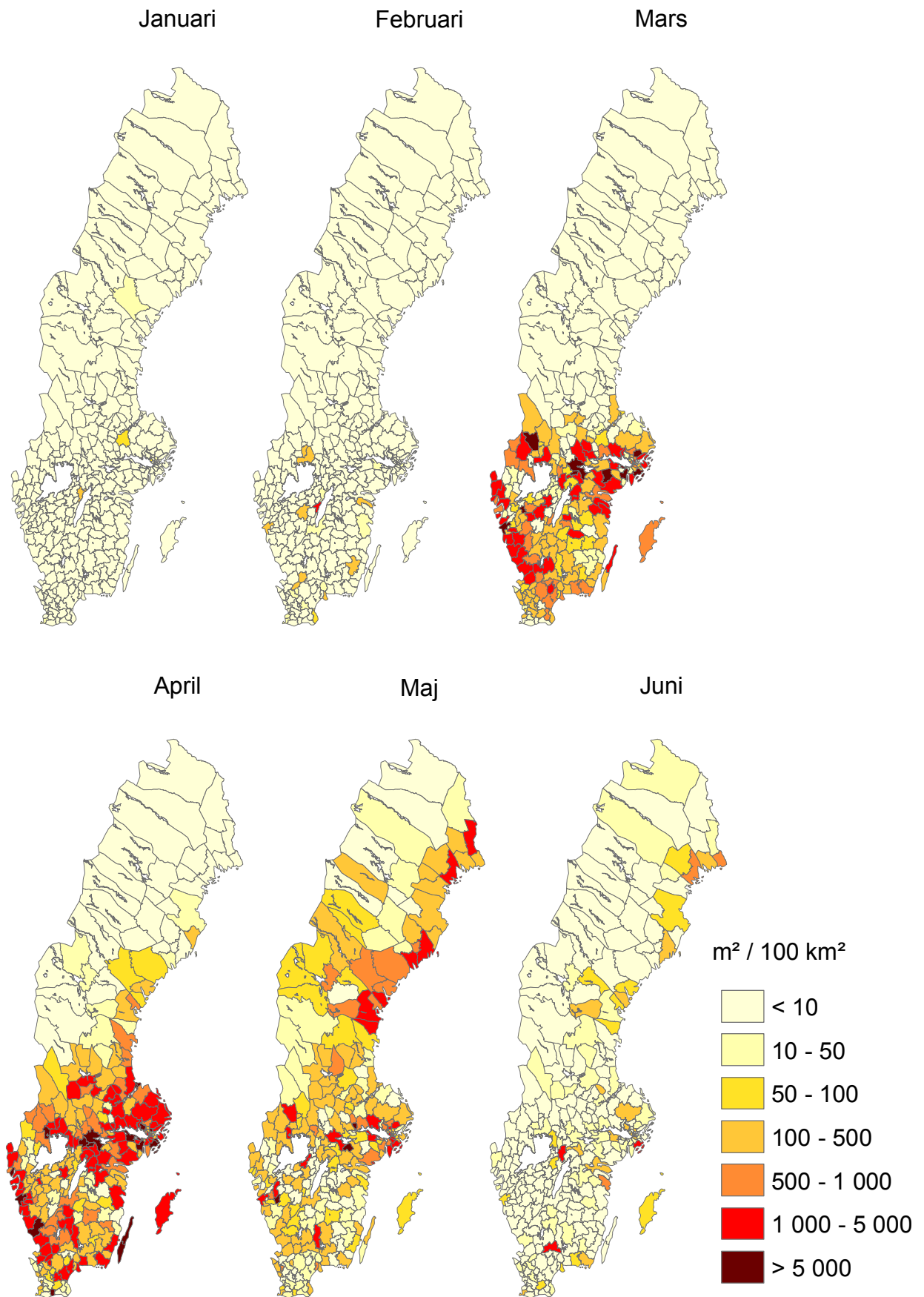
Figur 8. Årligt antal gräsbränder per 10 000 km² i landets kommuner. Genomsnittliga värden baserade på statistik för perioden 1996-2001.



Figur 9. Antal gräsbränder per månad per 10 000 km² under perioden januari-juni i landets kommuner. Genomsnittliga värden baserade på statistik för perioden 1996-2001



Figur 10. Årligt nedbrunnen gräsareal i landets kommuner. Genomsnittliga arealviktade värden baserade på statistik för perioden 1996-2001.



figur 11. Nedbrunnen gräsareal per månad under perioden januari-juni i landets kommuner. Genomsnittliga arealviktade värden baserade på statistik för perioden 1996-2001.

5. Diskussion

Modellen för avgränsning av gräsbrandssäsongens utbredning i tiden har testkörts i realtid under 2002 och använts som hjälpmedel för att bestämma var det är aktuellt att utfärda varningar för gräsbrandsfara.

Prognosmeteorologerna upplevde att modellen var ett mycket bra hjälpmedel, särskilt för att kunna utfärda varningar under senvåren.

Den föreslagna villkorsmodellen uppvisar, trots den enkla ansatsen, lovande resultat. Metoden tycks utifrån testresultaten kunna vara stabil från södra till norra Sverige. Det är viktigt att poängtera att modellens syfte är att varna när det föreligger torra förhållanden i fjolårsförnan och risken för att gräsbränder ska uppkomma är stor. Således har statistiken över antalet inträffade bränder och inte nedbränd areal använts för modellutvecklingen. Eftersom vindhastighet inte är med som villkor i modellen har den ingen möjlighet att beskriva en eventuell brands spridningshastighet. Utvärderingen av möjliga variabler till villkorsmodellen visade också att kopplingen mellan de inträffade bränderna och vindhastighet inte var särskilt stark.

De variabler som slutligen valdes till villkorsmodellen är alla enkelt försvarbara. För att förnan ska vara torr krävs det att luftfuktigheten är relativt låg på grund av det stora utbytet mellan förnans stora yta och luften. Det krävs även, under rimliga luftfuktighetsförhållanden, att det ytligaste markskiktet är någorlunda torrt. Detta på grund av att det sker ett fuktutbyte mellan marken och fjolårsgräset. I villkorsmodellen beskrivs detta av att markfuktigheten måste vara lägre än 75 % samtidigt som det inte får vara en vätningsfas, det vill säga markfuktigheten ska vara konstant eller sjunkande. Under dagar med mycket låg relativ luftfuktighet (mindre än 30 %) är den upptorkande effekten så stor att förhållandena i marken inte har någon avgörande betydelse. FWI-modellens komponent FFMC har inte inkluderats i villkorsmodellen. Anledningen till detta var att skapa en enkel lättförståelig modell som är fristående från FWI modellen. Utvärderingen visade även att andra variabler var mer utslagsgivande än FFMC. Om enbart FFMC skulle användas och nivån för gränsen mellan låg och hög gräsbrandsfara t ex ansattes till $FFMC = 80$, skulle detta ge betydligt mindre skillnad i brandfrekvens för låg (0.63 bränder per dag) och hög nivå (1.30 bränder per dag) än för den föreslagna villkorsmodellen.

Gräsbrandsindexet indelas i den slutliga modellen i endast två nivåer, låg respektive hög gräsbrandsrisk. Tanken bakom detta var att göra modellen lättolkad och att det med hänsyn till modellens osäkerheter och osäkerheter i utvärderingen skulle vara svårt att motivera fler nivåer. Detta innebär att det med nuvarande modellstruktur inte finns utrymme för att gradera gräsbrandsvarningarna lika mycket som skogsbrandsvarningarna.

6. Slutord

Denna studie har utförts vid SMHI med finansiering från Räddningsverket. Statistiska Centralbyrån har tillhandahållit gräsbrandsstatistik som rapporterats in av landets alla räddningstjänster. Anna Eklund har arbetat med systemet för testsimuleringarna. Daniel Björkert och Jenny Andersson har skapat presentationer av gräsbrandsstatistiken. Till alla som bidragit till arbetet riktas ett stort tack.

7. Referenser

Alexander, M.E., 1994. Proposed revision of fire danger class criteria for forest and rural areas in New Zealand. Circular 1994/2. 73 p.

Bergström, S. 1995. The HBV model. In: Singh VP (ed) Computer Models of Watershed Hydrology. Water Resources Publications, Highlands Ranch, Colorado, p 443-476.

Forestry Canada Fire Danger Group, 1992. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. For. Can., Ottawa, Ontario. Inf. Rep. ST-X-3. 63 p.

Gardelin, M. 1996. Brandriskprognoser med hjälp av en hydrologisk modell – Slutrapport. FoU-rapport R53-127/96, Statens Räddningsverk, Karlstad

Gardelin, M. 1997. Brandriskprognoser med hjälp av en Kanadensisk skogsbrandsmodell. FoU-rapport P21-168/97, Statens Räddningsverk, Karlstad

Gardelin, M. 2001. Brandriskprognoser med hjälp av en skiktad markfuktighetsmodell – vidareutveckling av HBV-modellen. FoU-rapport P21-389/01, Statens Räddningsverk, Karlstad

Jame, Y.W., Cutforth, H.W. och Ritchie, J.T. 1999. Temperature response function for leaf appearance rate in wheat and corn. Canadian Journal of Plant Science 79:1-10.

Jamieson, P.D., Brooking, I.R., Porter, J.R. och Wilson, D.R. 1995. Prediction of leaf appearance in wheat: a question of temperature. *Field Crops Research* 41:35-44.

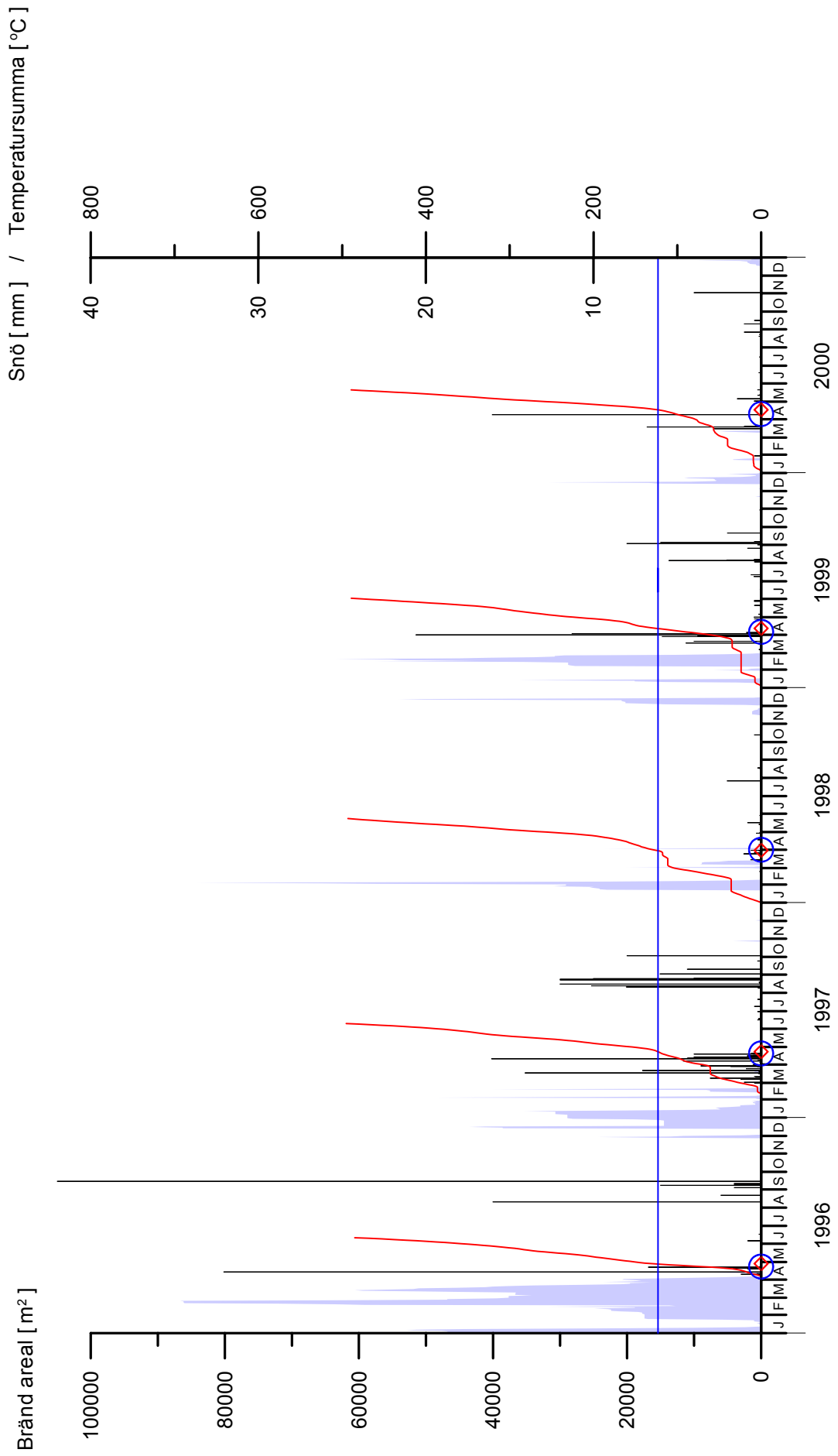
Madakadze, I., Coulman, B.E., Stewart, K., Peterson, P., Samson, R. och Smith, D.L. 1998. Phenology and Tiller Characteristics of Big Bluestem and Switchgrass Cultivars in a short Growing Season Area. *Agronomy Journal* 90:489-495.

McMaster, G.S. och Wilhelm, W.W. 1998. Is Soil Temperature Better than Air Temperature for Predicting Winter Wheat Phenology? *Agronomy Journal* 90:602-607.

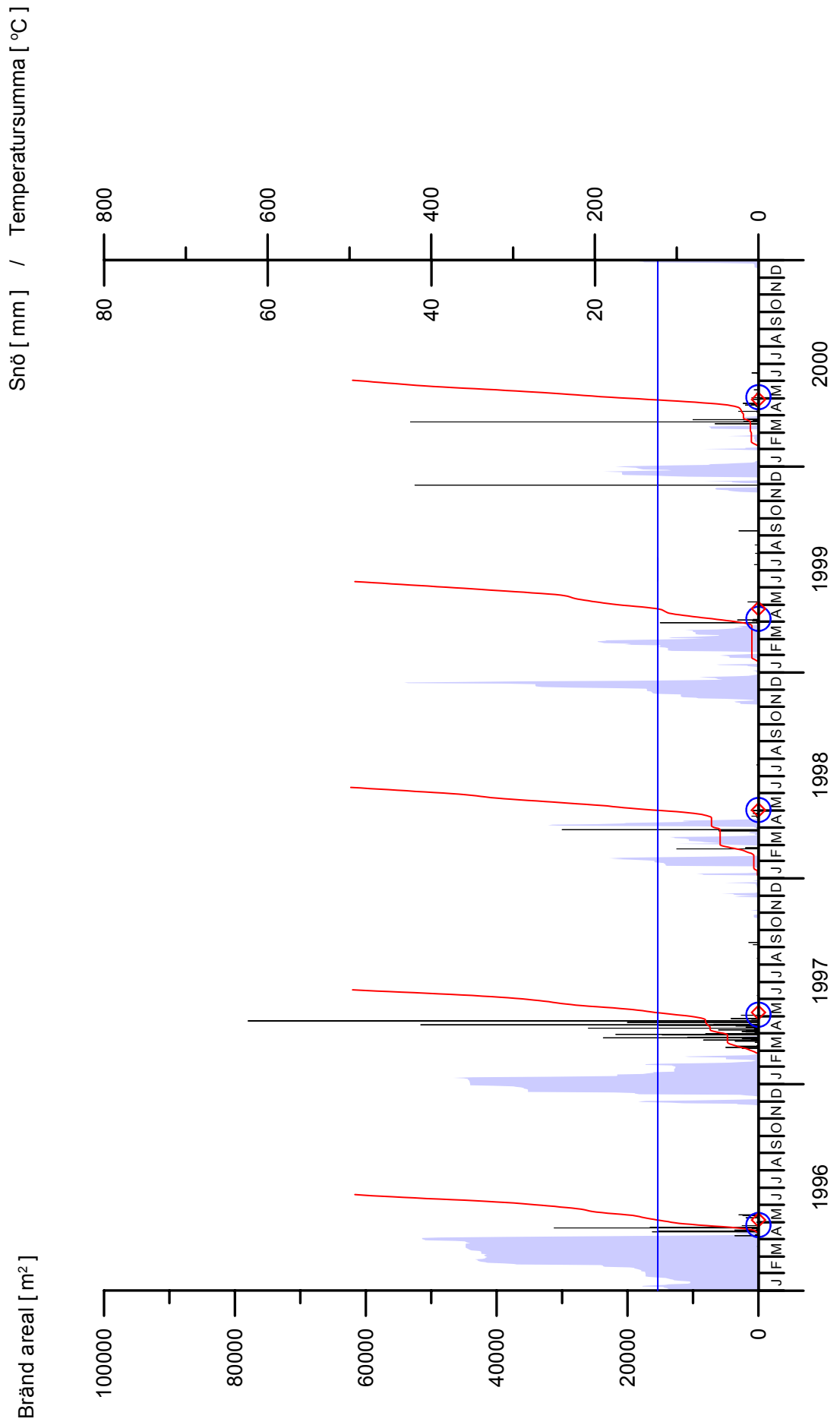
Pettersson, A. och Gardelin, M. 2000. Metoder för gräsbrandsvarning – förstudie. FoU-rapport P21-348/00, Statens Räddningsverk, Karlstad

Sandén, P. 1992. Soil temperatures. Ingår i Sandén, P. och Warfvinge, P. (red), *Modelling of groundwater response to acidification*. SMHI RH No. 5.

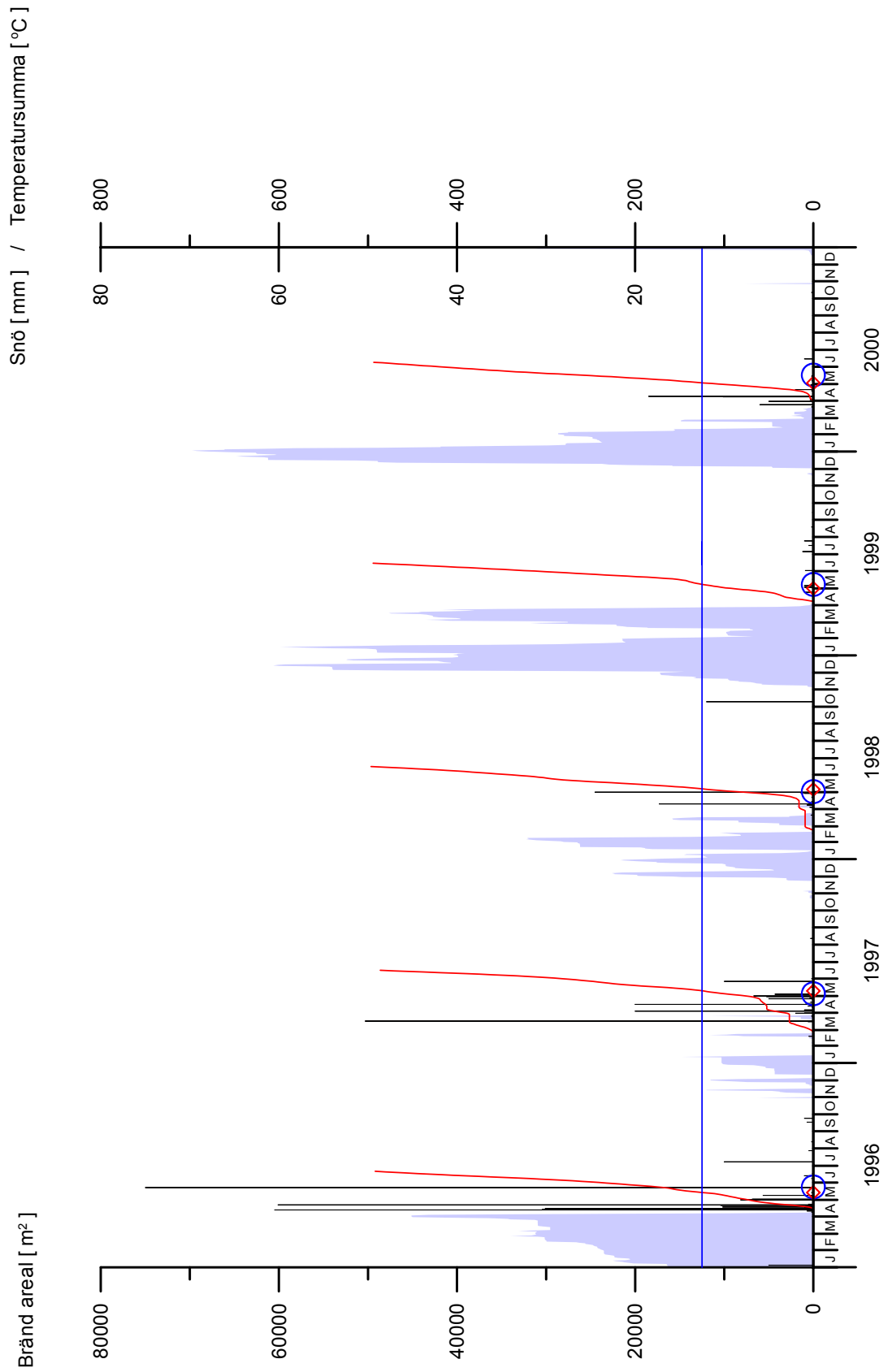
Ellinge



Blankaström



Åkesta Kvarn



Dalkarlså

