

Brandriskprognoser

med hjälp av en kanadensisk skogsbrandsmodell



**RÄDDNINGSG
VERKET**

Brandriskprognoser med hjälp av en kanadensisk skogsbrandsmodell

Rapporten har utarbetats av
Marie Gardelin, SMHI

För innehållet svarar författaren

Räddningsverkets kontaktperson:
Leif Sandahl, Räddningstjänstavdelningen,
Enheten för metod och teknik, telefon direkt 054 - 10 43 12, växel 054 - 10 40 00

1997 Räddningsverket, Karlstad
Räddningstjänstavdelningen
ISBN 91-88890-64-3

Beställningsnummer P21-168/97
1997 års utgåva

Forecasting of Forest Fire Danger Using the Canadian Forest Fire Weather Index Model.

Abstract

The Canadian Forest Fire Weather Index Model has been installed at the Swedish Meteorological and Hydrological Institute and the different index values of the FWI model have been compared with Swedish forest fire records over a six years period. The FWI values have also been compared with calculations of soil moisture content used for forest fire forecasting made with a hydrological runoff model (the HBV model). A method has been developed to produce national forest fire forecasts with the FWI index adjusted to Swedish conditions. The number of fires was highly correlated to both the FWI and the HBV values. The correlation to the burned area was lower for both models. None of the different components of the FWI model was considerably better correlated to the forest fire records than the FWI value itself. The fluctuations of the FWI value were much quicker than those of the HBV value. It could not be determined which of the indexes that indicated forest fire most accurately.

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	3
Sammanfattning	5
1. Bakgrund	6
2. Målsättning	6
3. Modellbeskrivning	7
3.1. FWI-modellen	7
3.2. HBV-modellen	8
4. Databas och metodik	9
5. Resultat	11
6. Slutsatser och diskussion	24
7. Fortsatt arbete	26
8. Slutord	27
9. Referenser	27
Bilaga 1	29-34
Bilaga 2	35-41

Brandriskprognoser med hjälp av en kanadensisk skogsbrandsmodell

Sammanfattning

Den kanadensiska FWI-modellen för brandriskprognoser har installerats vid SMHI och dess brandriskvärden har utvärderats mot svensk skogsbrandsstatistik. Modellens brandriskvärden har även jämförts med markfuktighetsvärden för brandriskbedömning, vilka beräknats med SMHIs hydrologiska modell (HBV-modellen). En metod för att producera rikstäckande prognoser för operationell drift med ett FWI-index anpassat till svenska förhållanden har tagits fram.

FWI-modellens grundvärden för fukthalter i olika skikt (FFMC, DMC och DC), mellanindexen (ISI och BUI) samt slutindexet (FWI) har tillsammans med HBV-modellens markfuktighetsvärde jämförts med daglig skogsbrandsstatistik omfattande antalet bränder och nedbrunnen areal i Kalmar och Jönköpings län under åren 1989-94. FWI-modellens struktur har inte modifierats för studien.

Korrelationen mellan såväl FWI-värdet som HBV-värdet och antalet inträffade skogsbränder är hög. Korrelationen till den nedbrunna arealen är lägre för båda indexen. Av de i FWI-modellen ingående brandriskvärdena är fuktighetsvärdena DMC och BUI bäst korrelerade till antalet bränder. Ingen av de i modellen ingående delvärdena är dock avsevärt bättre korrelerat till skogsbrandsstatistiken än slutvärdet FWI. FWI-modellens dynamik skiljer sig avsevärt från HBV-modellens dynamik. FWI-värdet varierar betydligt snabbare upp och ner än HBV-värdet, vilket främst beror på vindhastighetens stora inverkan på FWI-värdet. BUI-värdet varierar på ett sätt som mer liknar HBV-modellens.

Det är ur denna undersökning, med dess begränsade omfattning, svårt att dra slutsatser om vilken av de två modellerna som indikerar fara för skogsbränder bäst. HBV-modellens markfuktighetsvärde är under den studerade perioden i stort sett lika väl korrelerat till skogsbrandsstatistiken som FWI-värdet. De snabba växlingarna av FWI-indexet gör att användningen för allmänna brandriskvarningar kan diskuteras. Modellens delvärden kan dock tillsammans ge en mer fullständig bild av brandrisksituationen och ge värdefull specialinformation till Räddningstjänsterna.

Nyckelord: skogsbrand, skogsbrandsvarning, brandriskmodell, brandriskprognos

1. Bakgrund

Den brandriskmodell som sedan många år legat till grund för brandriskprognoserna vid SMHI bygger på uppgifter om lufttemperatur, luftfuktighet och nederbörd. Brandriskmodellen beräknar dagligen ett brandriskvärde (kallat WBKZ) som ackumuleras under hela brandrisksäsongen. Varje dags tillskott bestäms av lufttemperaturen och luftfuktigheten och reduceras olika mycket beroende på den fallna nederbördsmängden. Det modellberäknade brandriskvärdet kompletteras manuellt med bl a nederbördsprognosen för det kommande dygnet och översätts sedan till gällande brandriskindex på en skala mellan 1 och 5.

Under senare år har flera utvecklingsprojekt startats med syfte att förbättra brandriskprognoserna. Framförallt eftersträvas en bättre beskrivning av de allra högsta brandrisknivåerna. Alltför snabba växlingar mellan låga och höga brandrisknivåer och vice versa har också velat undvikas. Olika försök att förbättra WBKZ-modellen, framförallt genom en förfinad nederbördskorrektion, pågår för närvarande.

En metod att utnyttja modellberäknad markfuktighet som ett komplement till nuvarande metod har utvecklats (Gardelin 1995). Med denna metod relateras brandrisken till markfuktigheten i ett ytligt markskikt, vilken beräknats med SMHIs hydrologiska avrinningsmodell (HBV-modellen). Metoden har utvärderats mot skogsbrandsstatistik från olika delar av landet och för långa tidsperioder. Ett tydligt samband mellan HBV-modellens beräknade markfuktighet och såväl antalet skogsbränder som den nedbrunna arealen har kunnat påvisas. Under sommaren 1996 har denna metod utnyttjats som ett komplement till WBKZ-modellen för rikstäckande brandriskprognoser i operationell drift.

Ytterligare ett försök att förbättra brandriskprognoserna har nu gjorts genom att en brandriskmodell som utvecklats och används operationellt för brandriskprognoser i Kanada (Van Wagner 1987) testats i Sverige. Modellen har installerats vid SMHI och dess brandriskvärden har utvärderats mot svensk skogsbrandsstatistik. Modellen har även jämförts med de tidigare använda brandriskmodellerna, framförallt med HBV-modellens version för brandriskbedömningar.

2. Målsättning

Projektets målsättning har varit att testa den kanadensiska brandriskmodellen för svenska förhållanden. De i modellen ingående brandindexen har utvärderats mot historisk skogsbrandsstatistik för ett försöksområde och även jämförts med SMHIs markfuktighetsmodell.

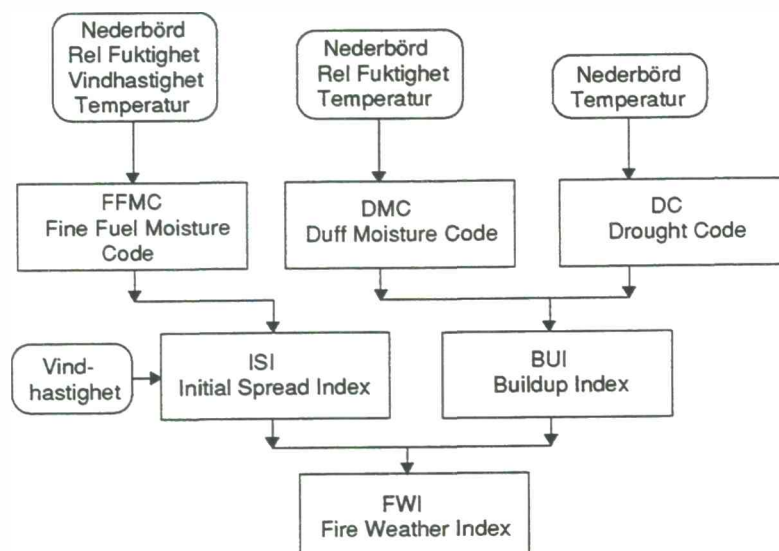
En metod för att producera rikstäckande prognoser för operationell drift med ett index anpassat till svenska förhållanden har tagits fram.

3. Modellbeskrivning

3.1. FWI-modellen

Den kanadensiska brandriskmodell som använts ingår i ett större modellsystem för bedömning av brandrisk och brandbeteende kallat CFFDRS (Canadian Forest Fire Danger Rating System). En utförlig beskrivning av modellsystemet görs av Stocks m fl (1989). Delmodellen för brandriskbedömning är The Canadian Forest Fire Weather Index System (Van Wagner 1987) med det ingående huvudindexet, kallat FWI (Fire Weather Index), vilket enbart bygger på meteorologiska indata. Ytterligare en del av modellsystemet är The Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System där brandbeteendet simuleras. Denna del av modellsystemet studeras vid Institutionen för skoglig vegetations-ekologi vid Lantbruksuniversitetet i Umeå. Nedan ges en översiktlig beskrivning av FWI-systemet. En utförligare beskrivning av det kanadensiska modellsystemet är för närvarande under utarbetande vid Lantbruksuniversitetet.

Brandriskbedömningen i FWI-modellen bygger på beräkning av tre grundvärden för fukthalter i olika skikt (se figur 1). Indata till beräkningen är dygnsnederbörden samt temperatur, relativ fuktighet och vindhastighet mitt på dagen.



Figur 1. FWI-systemets struktur. (Efter Van Wagner 1987.)

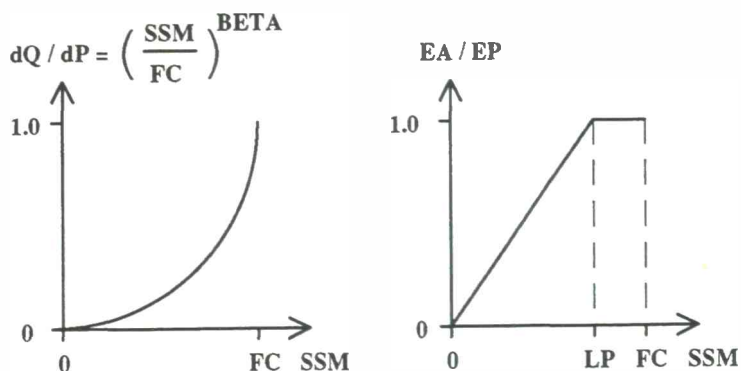
FFMC (Fine Fuel Moisture Code) representerar fuktigheten på blad och gräs. Den maximala vattenmagasineringen i detta skikt är mindre än 1 mm. DMC (Duff Moisture Code) representerar fuktigheten i ett något djupare skikt, t ex mossor och det ytliga markskiktet. Magasineringen i detta skikt motsvarar ca 15 mm vatten. Fukthalten i tjocka kompakta humuslager (ca 100 mm vatten) representeras av DC (Drought Code). Påfyllnad och uttorkning av de olika skikten sker enligt olika empiriska samband som tagits fram under många års studier av fuktighet i olika markskikt i Kanada. Uttorkningen av de olika skikten sker i modellen exponentiellt avtagande med tiden. Den tid som åtgår för att cirka 2/3 av vattenmagasinet ska ha torkat ut, är för det ytligaste skiktet cirka 0,7 dygn. För DMC-skiktet sker motsvarande uttorkning på 12 dygn och för DC-skiktet åtgår 52 dygn för denna uttorkning.

Brandriskvärdet (FWI) beräknas ur de tre grundvärdena med hjälp av två mellanindex kallade ISI och BUI. ISI (Initial Spread Index) beräknas ur FFMC och förstärks av vindhastigheten. ISI kan ses som ett mått på brändernas spridningshastighet och borde teoretiskt vara väl korrelerat till den nedbrunna arealen. BUI (Buildup Index) beräknas som ett viktat medelvärde av DMC och DC och kan ses som ett allmänt fuktighetsmått för de något djupare markskikten. Det slutliga brandriskvärdet (FWI) beräknas ur en kombination av ISI och BUI. De olika indexen anges på 6 separata skalor med stigande värden för ökande brandrisk.

3.2. HBV-modellen

HBV-modellen (Bergström, 1976 och 1992, Lindström m fl 1996) är en hydrologisk avrinningsmodell som utvecklats vid SMHI. Modellen är grunden för den hydrologiska prognos- och varningstjänsten och har använts operationellt i snart 20 år. Avrinningsmodellen beskriver översiktligt de viktigaste processerna i vattnets kretslopp och består av en snörutin, en markrutin och en responsdel.

Markvattenberäkningarna i modellen styrs av två enkla samband och tre modellparametrar FC, BETA och LP (se figur 2).



Figur 2. Sambandet mellan bidraget till avrinning (dQ) från regn och snösmältning (dP) vid olika markfuktighet (SSM), till vänster, och sambandet mellan verklig (EA) och potentiell avdunstning (EP) i HBV-modellen beroende av markfuktigheten (SSM), till höger.

Bidraget till avrinning från regn och snösmältning ökar med ökande markfuktighet. Aktuell avdunstning beror av den potentiella avdunstningen och av markfuktigheten. Fältkapaciteten, FC, är ett mått på markfuktighetens maximala variation (det växttillgängliga vattnet).

Som indata till modellen används dygnsvärden på nederbörd, temperatur och potentiell avdunstning. Den potentiella avdunstningen hämtas normalt ur månadsmedelvärden beräknade av Wallén (1966) eller Eriksson (1981) eller beräknas utifrån lufttemperaturen enligt en metod (Lindström m fl 1996) liknande den som föreslagits av Thornthwaite (1948).

De parametrar som ingår i modellen bestäms vanligen genom kalibrering mot en uppmätt vattenföringsserie. Vid SMHI beräknas markfuktigheten dagligen för ett antal stationer i Sverige med hjälp av HBV-modellen och resultaten presenteras i en synoptisk vattenbalanskarta. För vattenbalanskartan kalibreras dock inte modellen för varje station, utan regionala standardparametrar används i modellen. Att den modellberäknade markvattenhalten, trots markrutinens enkelhet, väl stämmer överens med mätningar har visats av t.ex. Andersson (1989) och Gardelin (1992).

De markfuktighetsberäkningar som använts som ett mått på brandrisk innefattar inte hela markvattenzonen utan endast ett tunt övre markskikt. Det ytliga skiktets vatteninnehåll representerar en tiondel av hela markens vatteninnehåll och motsvarar i verkligheten ett markskikt som är cirka 5-10 cm tjockt. Detta det övre markskiktets fuktighet visar sig vid jämförelse mot skogsbrandsstatistik bättre kunna beskriva brandriskens variation under året (Gardelin 1995). Under utvecklingen av brandriskmodellen kalibrerades modellen mot avrinningsserier för ett antal försöksområden, men för de rikstäckande brandriskprognoserna som producerats under sommaren 1996 och för jämförelsen med den kanadensiska brandriskmodellen har standardparametrarna från vattenbalanskartan utnyttjats. Markfuktigheten anges i procent av den maximala vattenmagasinerings i ytskiktet, dvs sjunkande värden anger ökad uttorkning och ökande brandrisk.

4. Databas och metodik

FWI-modellen har utvärderats mot historisk skogsbrandsstatistik från brandriskområdena i Kalmar län och Jönköpings läns östra del. Utvärderingen har skett med avseende på både antalet bränder och den nedbrunna arealen. Jämförelser har också gjorts med markfuktighetssimuleringar med HBV-modellen och för en begränsad tid även med WBKZ-modellen.

Indata till FWI-modellen och HBV-modellen har hämtats från 8 stationer för åren 1989-94. Brandriskprognoserna för Kalmar län (Brandriskområde 8) bygger på observationer i Kalmar, Målilla, Västervik och på Ölands Norra Udde. För Jönköpings läns östra del (Brandriskområde 7) har använts stationerna i Nässjö, Växjö, Hagshult och Malexander. Simuleringar har gjorts från 1 mars till 30 september varje år, men för den statistiska bearbetningen har medtagits endast den

period då brandriskprognoser normalt utfärdas, dvs maj-augusti. Indata till FWI-modellen har varit dygnsnederbörd samt temperatur, luftfuktighet och vindhastighet mitt på dagen. Till HBV-modellen har utnyttjats dygnsnederbörd, dygnsmedeltemperatur samt dygnsvärden på potentiell avdunstning beräknad utifrån lufttemperaturen.

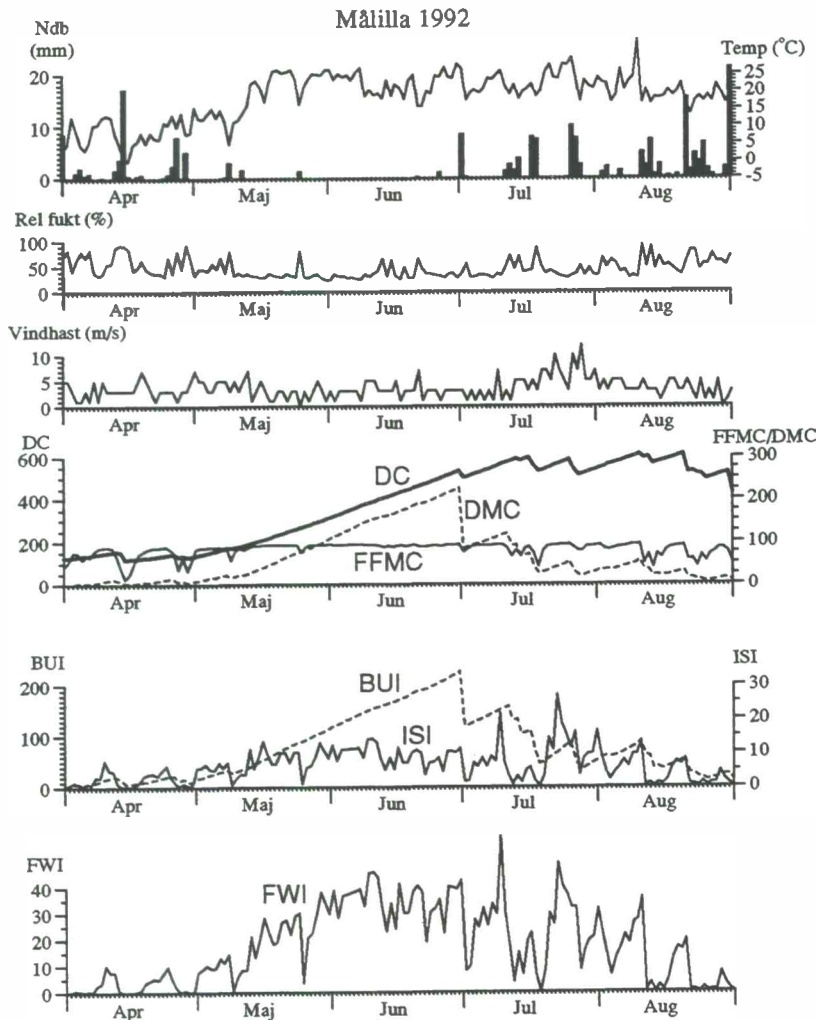
För installationen på SMHI har FWI-modellens originalversion i BASIC konverterats till FORTRAN, men inga ändringar av modellstrukturen har gjorts. HBV-modellen har inte kalibrerats, utan de regionala standardparametrarna som används för operationell drift har utnyttjats. Den vattenhållande förmågan i det ytliga markskiktet fastställdes till cirka 20 mm för de två brandriskområdena.

Brandriskmodellerna har jämförts med daglig skogsbrandsstatistik på kommunnivå åren 1989-94 från Kalmar län och Jönköpings läns östra del. I Jönköpings län har 7 kommuner räknats till den östra delen. I statistiken ingår bara bränder som av Räddningstjänsten klassats som skogsbränder. Klassningen är dock något osäker och vissa fall där gräsbränder felaktigt klassats som skogsbränder kan förekomma. Statistiken omfattar totalt 675 bränder, varav 417 inträffade i Kalmar län. Brandintensiteten är något högre i Kalmar län än i Jönköpings läns östra del. Skillnaden är speciellt märkbar vad gäller den brunna arealen. I Kalmar län brinner större arealer än i Jönköpings län. Årsmedelnederbörden är också ca 200 mm lägre i de östra delarna än i de västra.

Modellsimuleringar för åren 1989-94 redovisas både stationsvis och områdesvis. De flesta jämförelserna med skogsbrandsstatistik har dock gjorts för de två brandriskområdena sammantagna. Framförallt har sambandet mellan skogsbrandsstatistiken och FWI-värdet studerats, eftersom detta index är intressant för allmänna brandriskvarningar. Dock redovisas även de tre grundvärdena för fuktigheten (FFMC, DMC och DC) samt mellanindexen ISI och BUI. För sommaren 1996 har en jämförelse gjorts mellan FWI-modellen och både HBV-modellen och WBKZ-modellen, men ingen utvärdering mot skogsbrandsstatistik har kunnat göras. Indexnivåer för FWI-modellen som anpassats till Sverige har tagits fram och index redovisas för ett antal utvalda brandriskområden i landet.

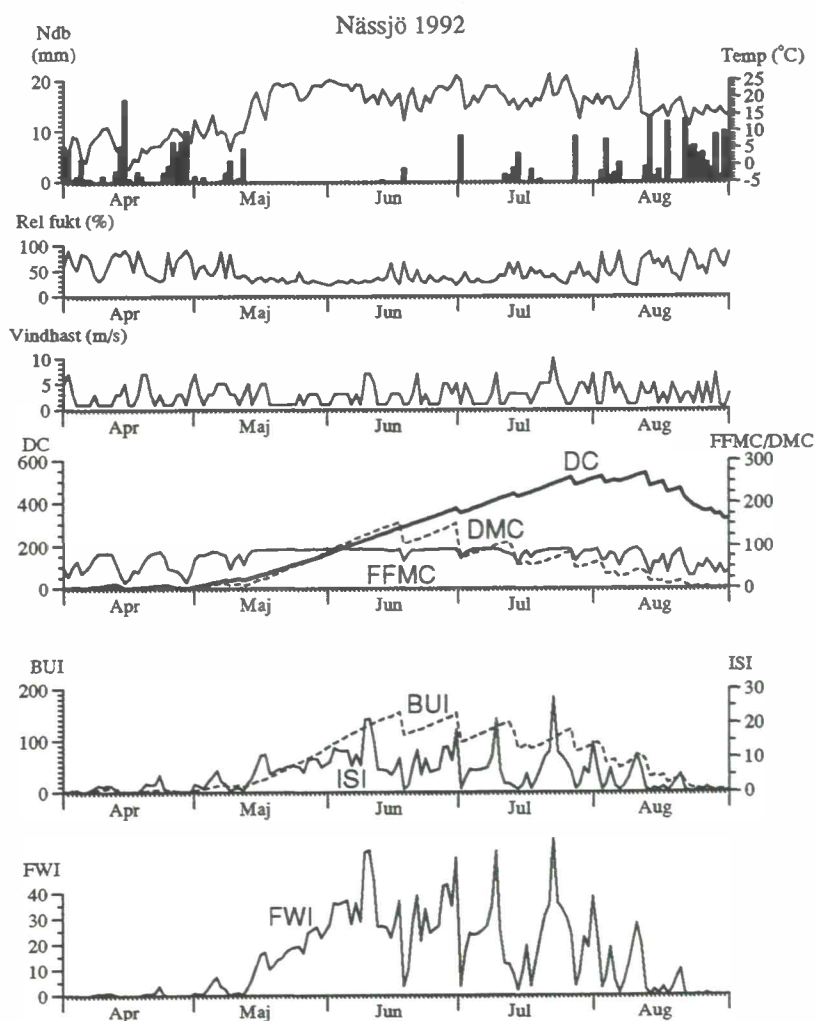
5. Resultat

Exempel på modellsimuleringar med FWI-modellen och indata till modellen för enskilda stationer ges i figurerna 3-5. Sommaren 1992, då ett stort antal skogsbränder inträffade, redovisas för stationerna i Målilla och Nässjö, samt sommaren 1994 redovisas för Nässjö.



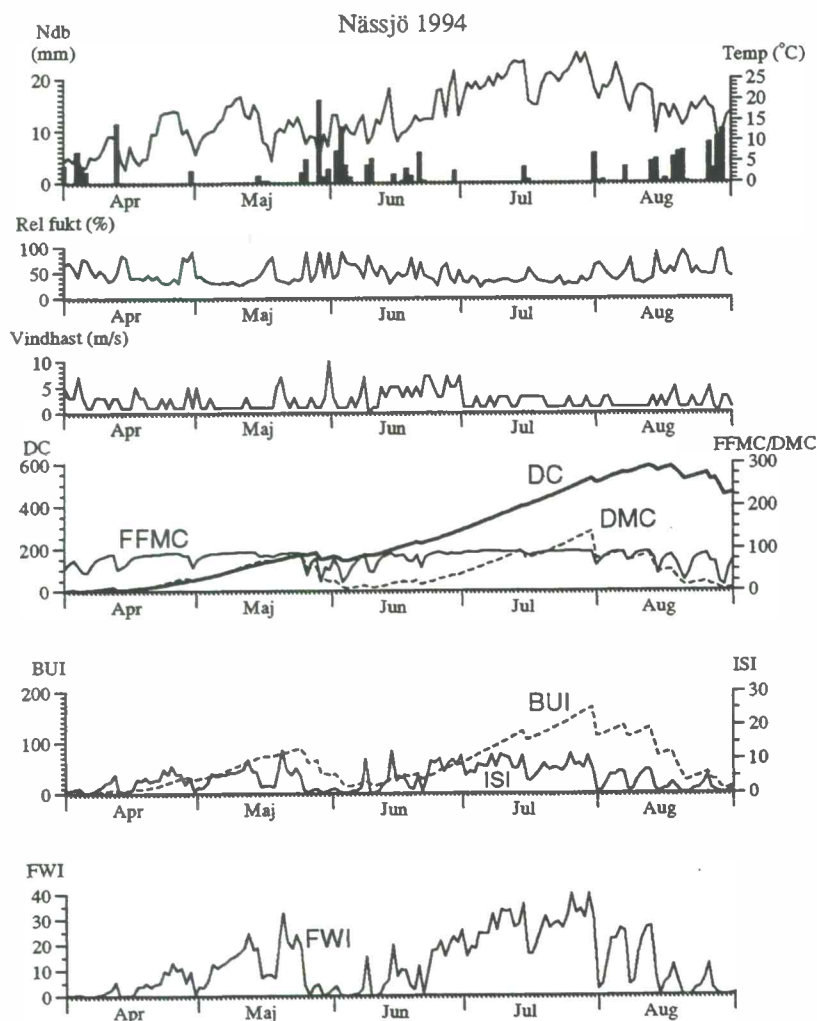
Figur 3. Simulering med FWI-modellen för Målilla april-augusti 1992.

Dynamiken hos de olika indexen kan här studeras i detalj. FFMC-värdet, vilket representerar vattenmagasineringsen på blad och gräs, ligger normalt under perioder utan nederbörd på värden strax under 100. Vid regn fylls magasinet snabbt och FFMC-värdet sjunker för att efter regnet snabbt återgå till normalvärdet. DMC-värdet, vilket representerar vattenmagasineringsen i det ytligaste markskiktet, ökar långsamt under torrperioder och minskar snabbt vid regn då magasinet fylls. DC-värdet, som representerar det största vattenmagasinet, byggs långsamt upp under säsongen och reagerar endast med små sänkor vid nederbörds-tillfällena.



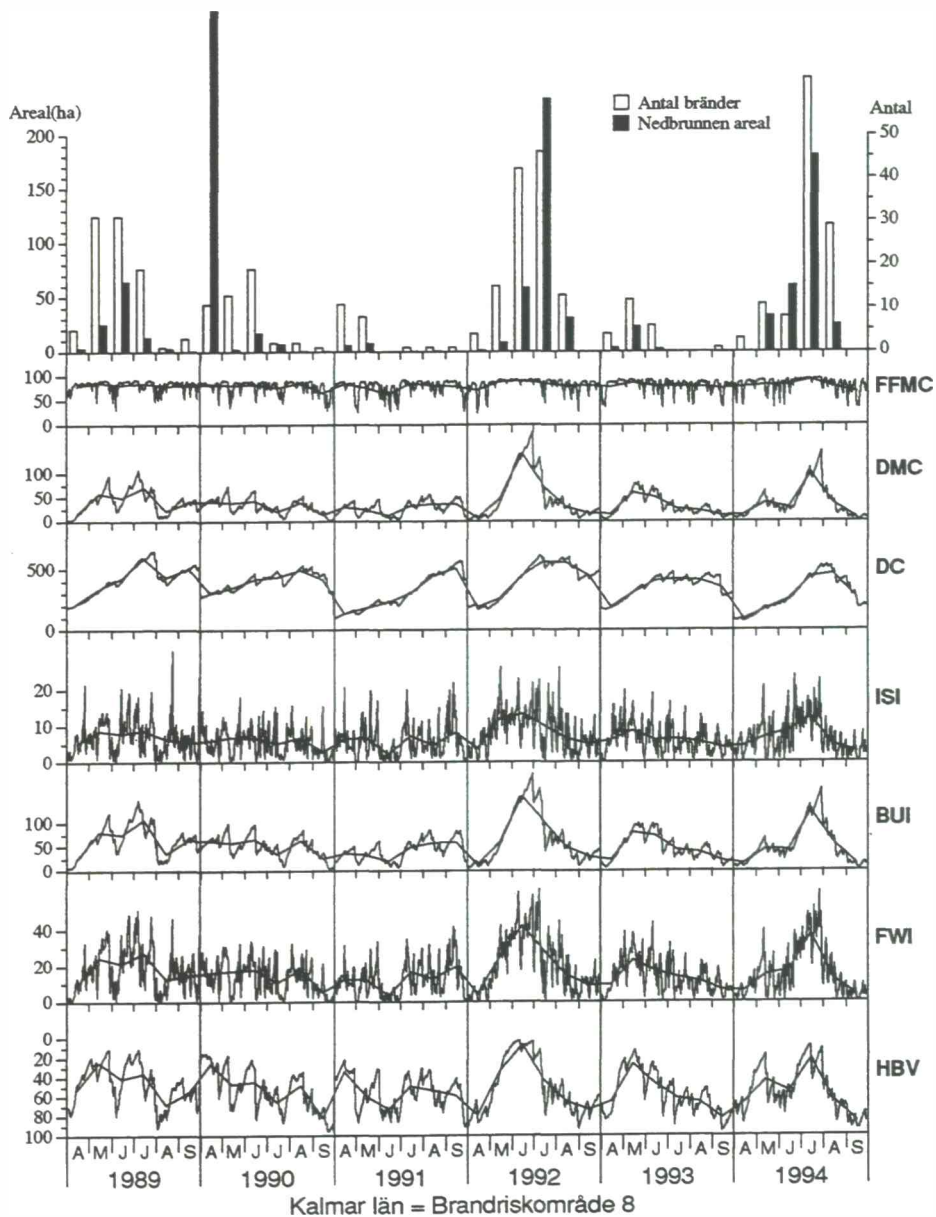
Figur 4. Simulering med FWI-modellen för Nässjö april-augusti 1992.

Vindens inverkan på spridningsindexet ISI är mycket stor. Eftersom ISI-värdet endast beror av fuktigheten på vegetationen och av vindhastigheten kan värdet växla mycket snabbt. Variationsmönstret hos BUI-indexet liknar mycket variationen hos DMC-värdet, men påverkas också av uttorkningen som sker under säsongen av det djupaste markskiktet (DC-värdet). Det slutliga brandriskvärdet, FWI, är också det starkt beroende av vinden och fuktigheten på vegetationen. FWI-värdet växlar i stort på samma sätt som ISI-värdet, men förstärks under perioder med höga BUI-värden, dvs då markfuktigheten är låg.



Figur 5. Simulering med FWI-modellen för Nässjö april-augusti 1994.

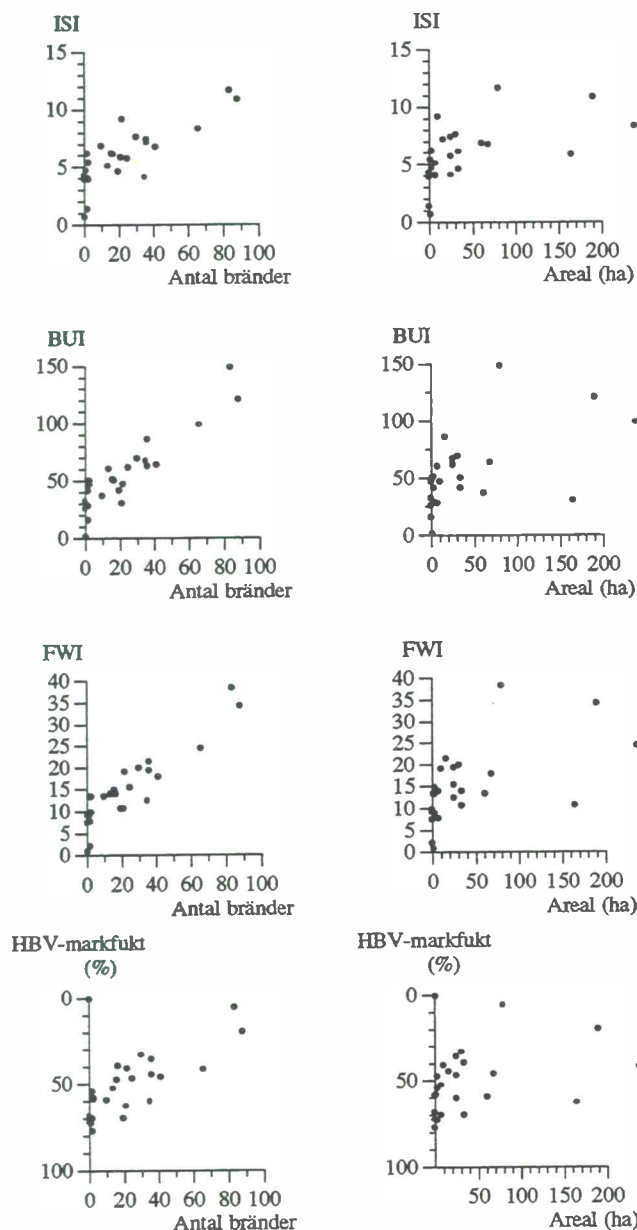
Figur 6 visar en översiktlig bild av medelvärdet av modellsimuleringarna för stationerna i Kalmar län under alla de studerade sommarmånaderna. En jämförelse har även gjorts med HBV-modellens markfuktighetsvärden och skogsbrandsstatistiken från området. Variationsmönstret för månadsmedelvärdena av FWI, BUI och DMC skiljer sig inte mycket åt och de liknar också mycket HBV-modellens månadsmedelvärden. Däremot växlar dygnsvärdet av FWI mycket snabbare än både BUI och HBV. De högsta brandriskvärdena erhålls de år då flest skogsbränder inträffat, dvs 1992 och 1994. Korrelationen till den brunna arealen är dock allmänt lägre än till antalet bränder. Motsvarande värden för Jönköpings län östra del visar samma mönster, men med något lägre brandrisknivåer på grund av att nederbörden är större i detta område. De blåsiga kustnära stationerna i Kalmar län ger också högre ISI-värden än i Jönköpings län.



Figur 6. Medelvärde av modellsimuleringar med FWI-modellen och HBV-modellen för 4 stationer i brandriskområde 8 för perioderna 1 april-30 september 1989-94. Dagliga värden samt månadsmedelvärden visas. (Markfuktigheten i HBV-modellen anges i % av maximal markfuktighet. FWI-modellens värden anges i särskild enhet för respektive värde.) Överst visas månadsvärden för antalet bränder samt nedbrunnen areal i Kalmar län.

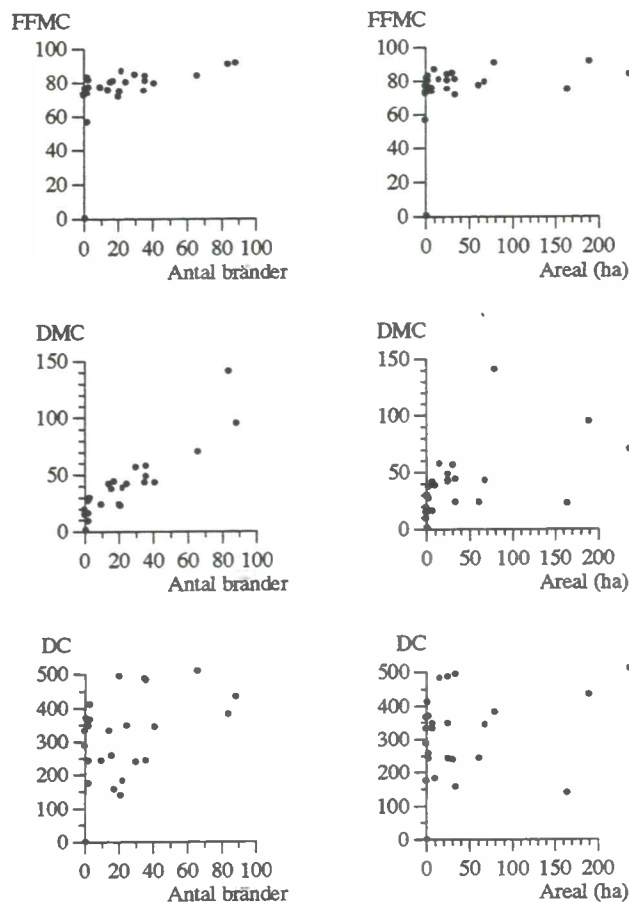
Sambandet mellan månadsmedelvärdena av de olika brandriskvärdena och månadsvärdena för antalet bränder och den nedbrunna arealen har studerats och redovisas i figurerna 7-9. Korrelationen till antalet bränder är allmänt mycket högre än korrelationen till den brunna arealen.

Korrelationen är hög mellan antalet bränder och alla de fem värdena BUI, DMC, FWI, HBV och ISI. Korrelationen är högst för det allmänna fuktighetsmättet BUI och brandriskvärdet FWI. Något lägre korrelation erhöles för ISI och HBV. Skillnaderna mellan korrelationskoefficienterna för DMC, ISI, BUI, FWI och HBV är dock alla tämligen små och ingen statistiskt signifikant skillnad mellan dessa värden har kunnat påvisas i detta material.

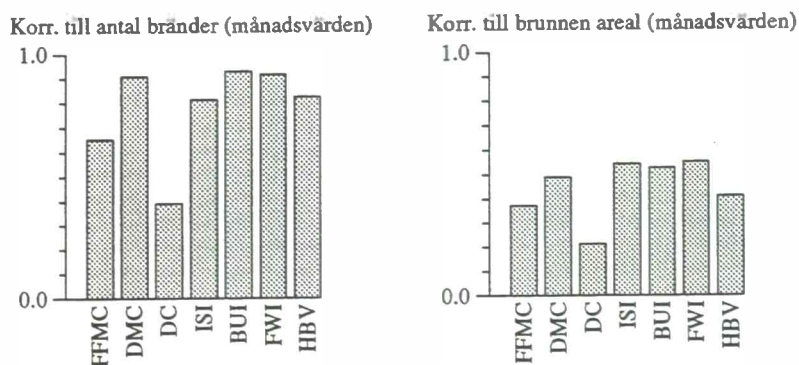


Figur 7. Sambandet mellan månadsmedelvärdet av ISI, BUI, FWI och HBV och antalet bränder (till vänster) samt nedbrunnen areal (till höger). Baserat på simuleringar för Kalmar län och Jönköpings läns östra del för månaderna maj-augusti 1989-94.

Av de tre grundvärdena för fuktigheten i den kanadensiska modellen (FFMC, DMC och DC) är det fuktigheten i det ytliga markskiktet, DMC, som är bäst korrelerat till både antalet bränder och den nedbrunna arealen.



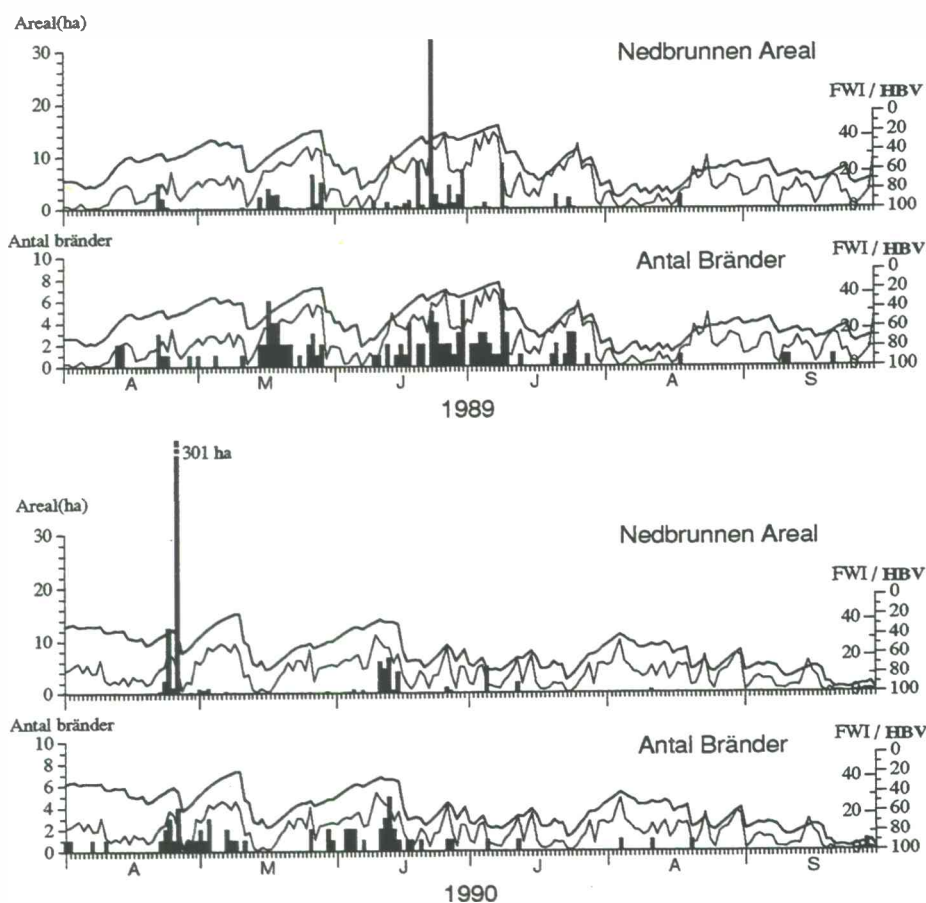
Figur 8. Sambandet mellan månadsmedelvärdet av de tre fuktighetsmåtten FFMC, DMC och DC och antalet bränder (till vänster) samt nedbrunnen areal (till höger). Baserat på simuleringar för Kalmar län och Jönköpings läns östra del för månaderna maj-augusti 1989-94.



Figur 9. Korrelationskoefficienter för månadsmedelvärden av de studerade brandriskvärdena och antalet bränder och nedbrunnen areal i Kalmar och Jönköpings läns östra del maj-augusti 1989-94.

Den dagliga skogsbrandsstatistiken har utnyttjats för detaljstudier av de olika brandriskvärdena. Nedan redovisas jämförelser med FWI-värdet och HBV-värdet för de fyra mest intressanta brandriskåren (figur 10-11). En sammanställning av samtliga brandriskvärden för alla de studerade åren presenteras i Bilaga 1.

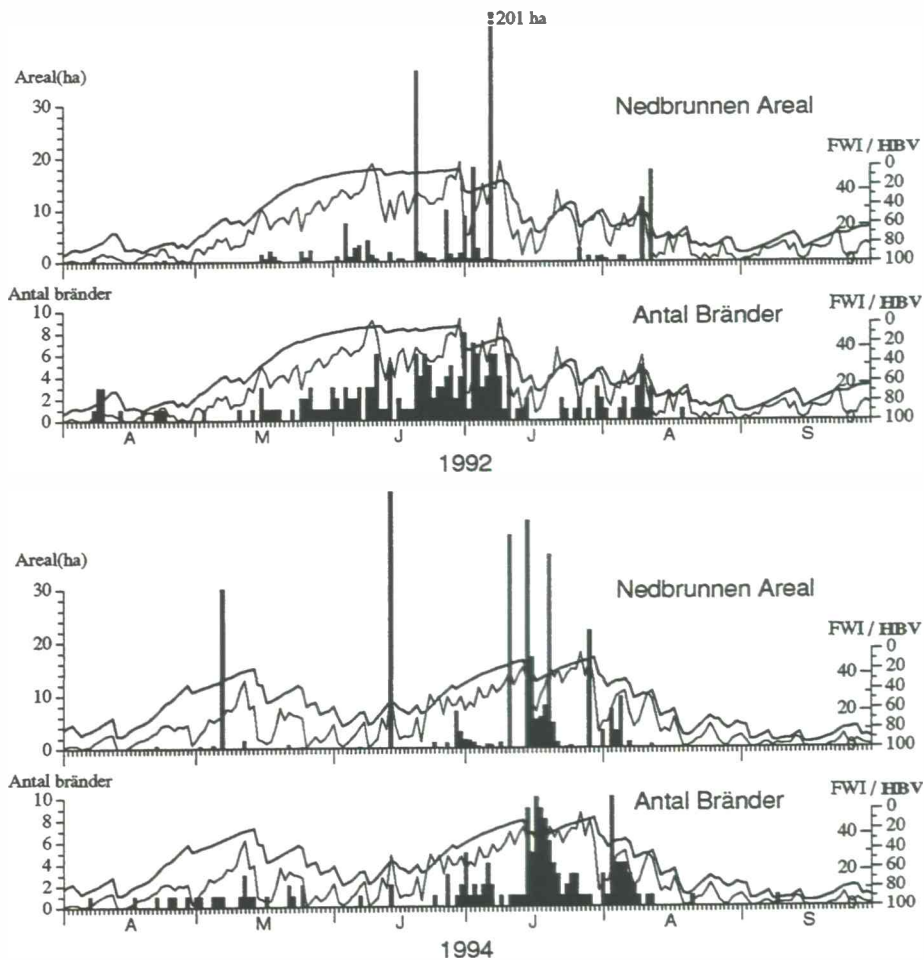
De två brandriskvärdena liknar i stort varandra och de har båda höga värden under de perioder då många bränder inträffar. FWI-värdet växlar dock mycket snabbare från dag till dag än vad HBV-värdet gör. Markskiktet i HBV-modellen kan snabbt fyllas på vid regn, men torkar inte ut lika snabbt som FWI-värdet ökar. FWI-värdet växlar också snabbt på grund av att vindhastigheten har stor betydelse för detta värde.



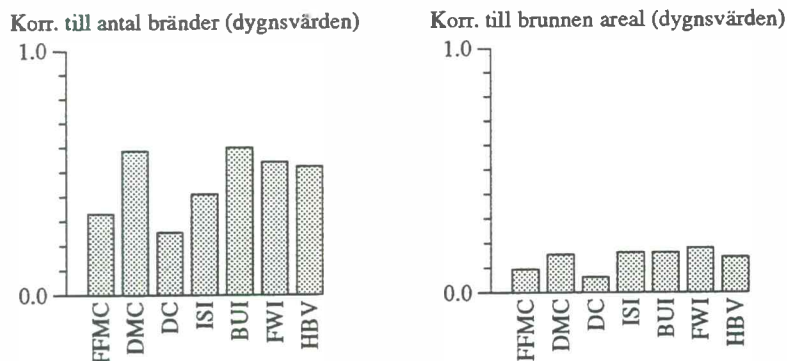
Figur 10. Daglig skogsbrandsstatistik för Kalmar och Jönköpings läns östra del åren 1989 och 1990 (staplar) jämfört med FWI-värden (tunn linje) och HBV-värden (tjock linje). HBV-värden anges i % av maximal markfuktighet och FWI-värden anges på särskild FWI-skala.

I allmänhet ligger HBV-modellen kvar på ett högt värde under de perioder då många bränder inträffar (se t ex maj-juni 1992 och juni-juli 1989), medan FWI-modellens värde kan växla snabbt upp och ner under dessa perioder. Vid vissa tillfällen återfinns dessa snabba toppar i skogsbrandsstatistiken (t ex 14 juni 1994 och 10 augusti 1992). Vid andra tillfällen kan FWI-modellen snabbt gå ner trots att bränder inträffar (t ex 27-30 juni 1989 och i mitten av juli 1994). Vid många tillfällen kan naturligtvis modellen också korrekt visa höga värden utan att bränder i verkligheten behöver inträffa.

Något högre korrelationskoefficient erhålls för FWI-värdet än för HBV-värdet (se figur 12), men skillnaderna är mycket små och inte heller för dygnsvärdena är skillnaden statistiskt signifikant mellan dessa värden. De högsta korrelationskoefficienterna gällande dygnsvärdena erhålls för sambandet mellan antalet bränder och BUI samt DMC. I FWI-modellen erhålls alltså högre korrelation till antalet bränder för dessa båda värden än för slutindexet FWI. Korrelationen mellan den nedbrunna arealen och alla de olika brandriskvärdena är mycket låg.



Figur 11. Daglig skogsbrandsstatistik för Kalmar och Jönköpings läns östra del åren 1992 och 1994 (staplar) jämfört med FWI-värden (tunn linje) och HBV-värden (tjock linje). HBV-värden anges i % av maximal markfuktighet och FWI-värden anges på särskild FWI-skala.



Figur 12. Korrelationskoefficienter för dygnsvärden av de studerade brandriskvärdena och antalet bränder och brunnen areal i Kalmar och Jönköpings läns östra del maj-augusti 1989-94.

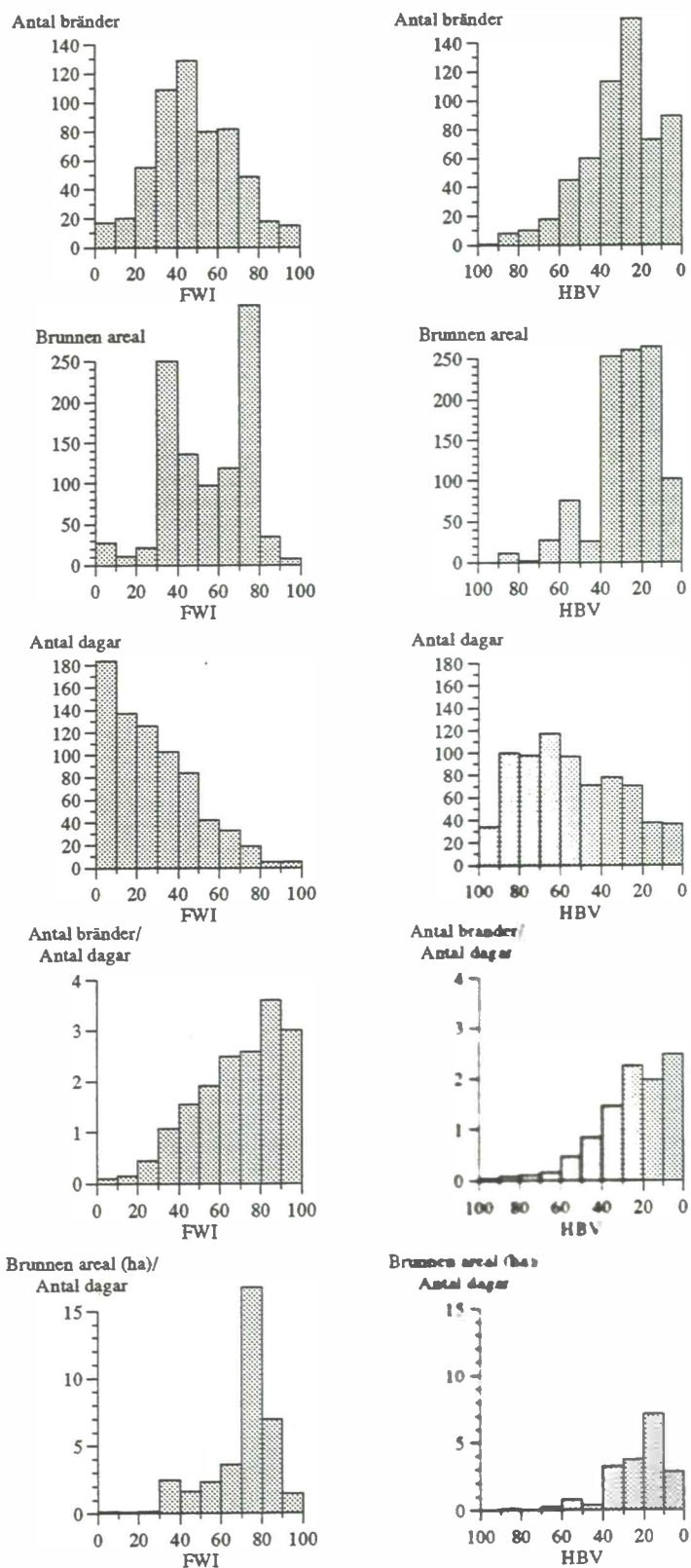
Sambandet mellan skogsbrandsstatistiken och de enskilda brandriskvärdena har också studerats genom att antalet bränder och nedbrunnen areal i olika intervall av brandriskvärdena beräknats (figur 13 -15). Intervallen har här angivits i procent av den totala variationen under den studerade tidsperioden. Värdet 100 anger alltså t ex det största FWI- eller HBV-värdet som förekommit under perioden. Figur 13 visar att antalet bränder och nedbrunnen areal på de högsta brandriskintervallen är större för HBV-modellen än för FWI-modellen. Störst antal bränder och störst areal brinner när FWI-värdet ligger i intervallen mellan 30 och 70% av den totala variation. För HBV-modellen är antalet bränder och den brunna arealen störst när värdet underskrider 40 % av variationen.

Brandriskvärdena fördelar sig emellertid helt olika i tiden för de två modellerna. FWI-modellens brandriskvärde ligger under stor del av tiden på en låg nivå och går upp på höga nivåer under endast ett fåtal dagar. HBV-modellens markfuktighet ligger för det mesta i ett mellanregister och kommer endast under kortare tid nå extremerna mycket torrt och mycket fuktigt.

Brandfrekvensen, uttryckt som antalet bränder per antalet dagar i de olika brandriskintervallen, ökar för båda modellerna vid ökad brandriskindikering. För FWI-modellen erhålls emellertid den högsta brandfrekvensen för det näst högsta FWI-intervallet. Förhållandevis hög brandfrekvens erhålls redan vid värden över 30%. För HBV-modellen erhålls inte lika höga nivåer på brandfrekvensen, men frekvensen stiger mer jämnt och ger låga nivåer för värden mellan 50-100%.

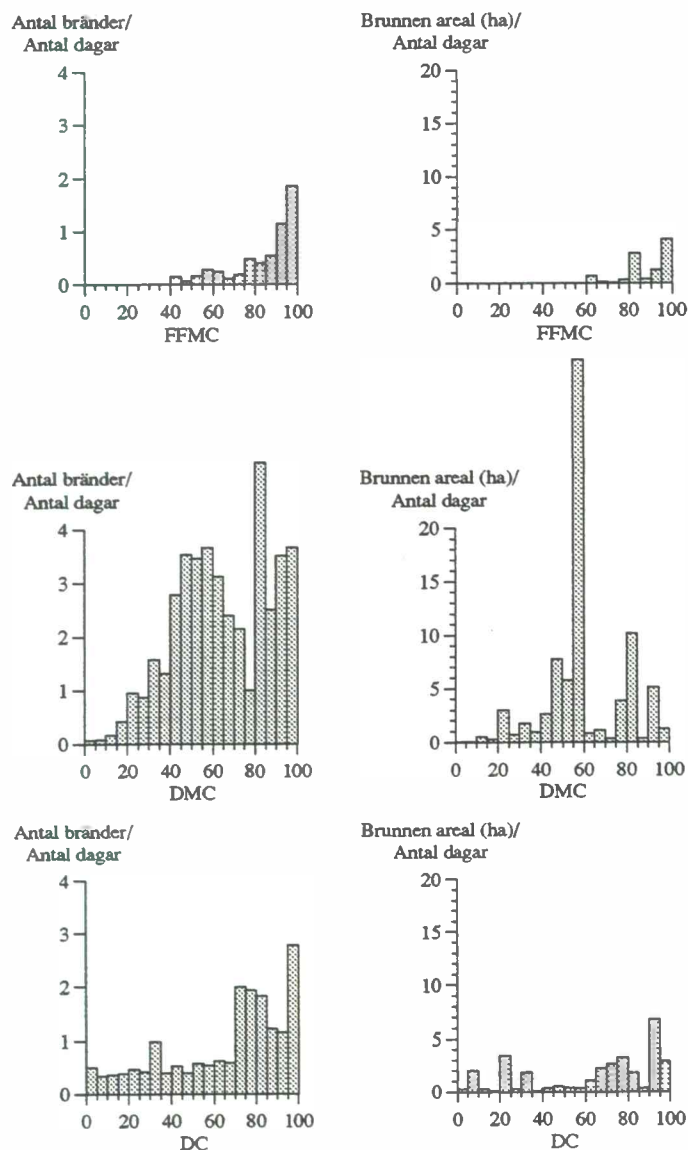
Analysen av brandfrekvensen med avseende på den nedbrunna arealen ger inte en lika klart ökande frekvens för någon av modellerna. FWI-modellen ger även här den högsta frekvensen, men inte för det högsta brandriskintervallet. FWI-modellen ger, liksom för antalet bränder, högre värden än HBV-modellen i mellanintervallen.

Resultaten kan tolkas så som att HBV-modellen varnar för hög brandrisk något för ofta, vilket ger lägre brandfrekvensvärden. De relativt höga brandfrekvensvärdena för FWI-modellens lägre värden, kan dock tyda på att denna modell istället missar att varna för ett större antal bränder.

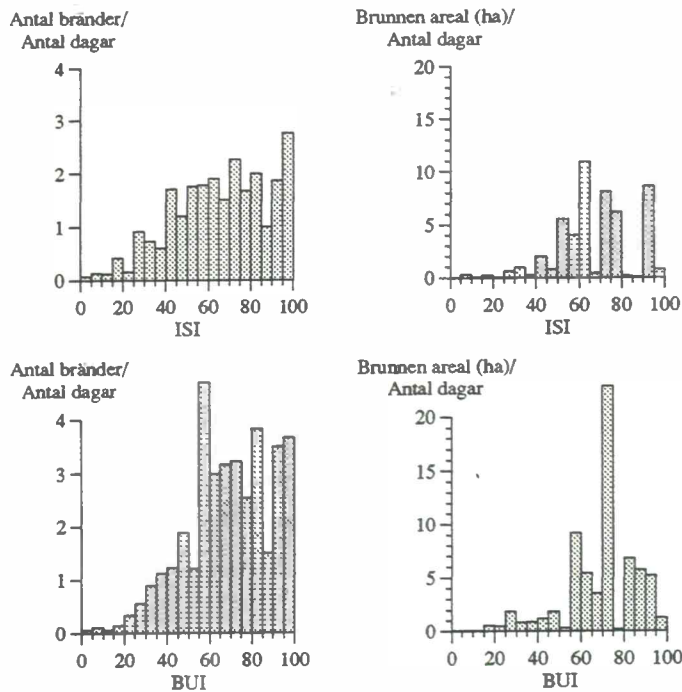


Figur 13. Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens i olika intervall av FWI-värdet (till vänster) och HBV-värdet (till höger). Observera att hög brandrisk representeras av höga FWI-värden och låga HBV-värden. Intervallen motsvarar 10% av den totala variationen av respektive värde under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del. (5%-intervall återfinns i Bilaga 2.)

Motsvarande fullständiga redovisning av antalet bränder och nedbrunnen areal i olika intervall av samtliga de övriga brandriskvärdena återfinns i Bilaga 2. Nedan redovisas endast brandfrekvensen för de övriga indexen i form av antal bränder och nedbrunnen areal per antal dagar i de olika intervallen (figur 14 och 15). Brandfrekvensen i de olika intervallen fördelar sig olika för de fem övriga brandriskvärdena. Brandfrekvensen ökar i allmänhet med ökande brandriskvärde, men är inte lika tydlig vad gäller den nedbrunna arealen som vad gäller antalet bränder. För DMC och BUI erhålls dock höga brandfrekvenser även i mellanintervallen. Sambandet mellan skogsbrandsstatistiken och något av de övriga brandriskvärdena FFMC, DMC, DC, ISI eller BUI kan inte entydigt sägas vara starkare än för FWI-värdet.



Figur 14. Brandfrekvens i olika intervall av FFMC, DMC och DC. Intervallen motsvarar 5 % av den totala variationen av respektive värde under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.



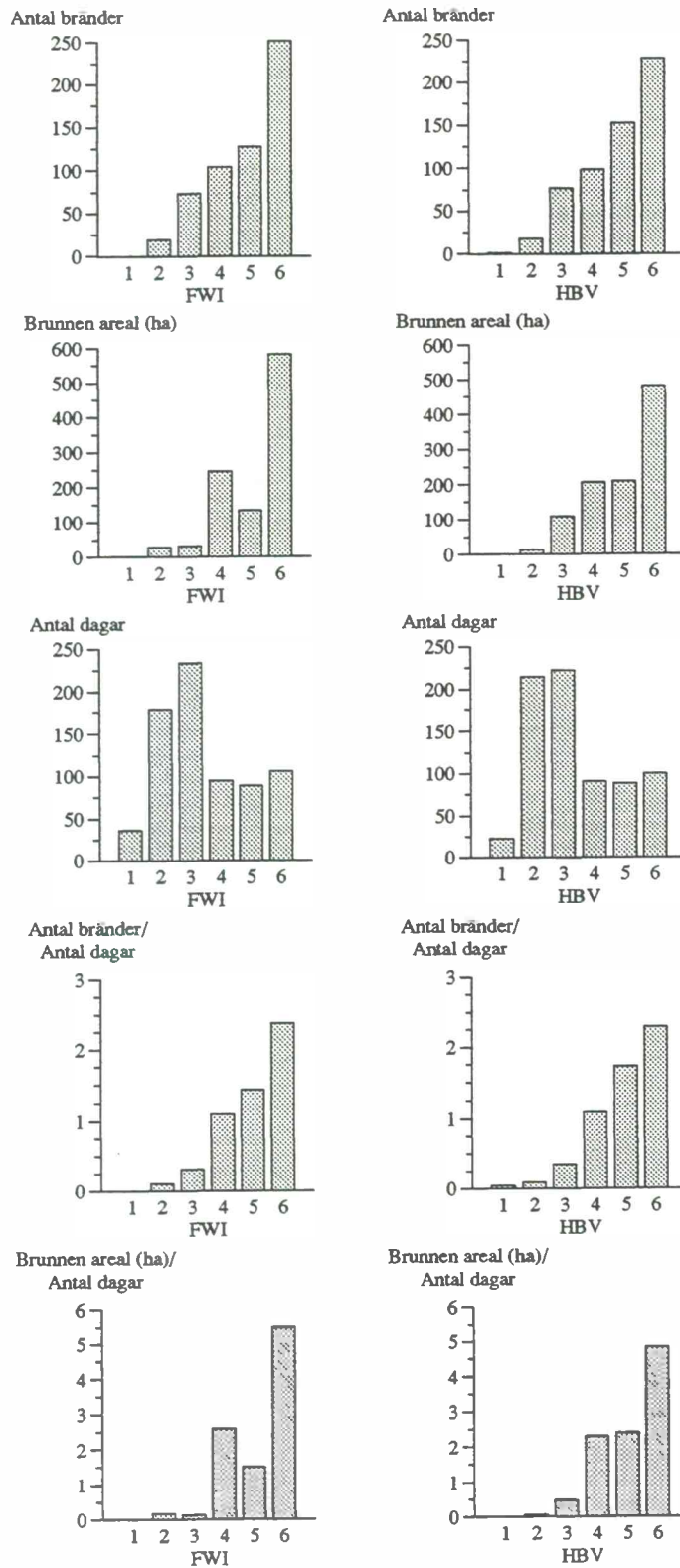
Figur 15. Brandfrekvens i olika intervall av ISI och BUI. Intervallen motsvarar 5 % av den totala variationen av respektive värde under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.

Genom att FWI-värdena delats upp i brandriskklasser, på liknande sätt som HBV-modellens markfuktighet delats upp i markfuktighetsklasser, har en mer översiktlig jämförelse kunnat göras mellan de två modellerna. FWI-modellens klasser har fastställts så att antalet dagar som de olika indexklasserna förekommer, ungefär överensstämmer med det antal dagar de olika indexklasserna i HBV-modellen förekommer (se tabell 1).

Tabell 1. HBV-värden och FWI-värden för de olika brandindexklasserna 1-6.

Index	HBV - markfuktighet (% av FC)	FWI - värde
1	86 - 100	0 - 1
2	66 - 85	1 - 6
3	46 - 65	7 - 16
4	36 - 45	17 - 21
5	26 - 35	22 - 27
6	0 - 25	28 -

De valda indexgränserna har jämförts med de indexgränser som används i Kanada (Stocks m fl 1989). Gränserna varierar betydligt mellan provinserna och olika antal indexnivåer förekommer, men indexen kan i stort sägas ligga i samma storleksordning som de svenska. Tex ligger högsta brandrisknivå i Ontario vid värden över 23 och i Saskatchewan och Manitoba vid värden över 31. I Alberta börjar högsta brandrisknivån vid 30 och näst högsta nivån ligger mellan värdena 19 och 29. Figur 16 visar antal bränder, nedbrunnen areal samt brandfrekvens för de valda brandriskindexen jämfört med HBV-modellens markfuktighetsindex.



Figur 16. Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens för olika brandriskindex av FWI-modellen (till vänster) och HBV-modellen (till höger), gällande perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.

Antalet bränder i de olika indexklasserna ökar med stigande index för både FWI- och HBV-modellen och fördelningen av bränderna i indexklasserna är liknande för de två modellerna (figur 16). Skillnaden mellan index 5 och 6 är dock större för FWI-modellen. Den nedbrunna arealen ökar i HBV-modellen med ökande index, medan arealen för FWI-modellen är lägre i indexklass 5 än i indexklass 4. Eftersom de olika indexen förekommer lika ofta i de två modellerna, syns samma skillnad mellan modellerna när brandfrekvensen (dvs antal bränder och nedbrunnen areal per antal dagar som indexet förekommit) studeras.

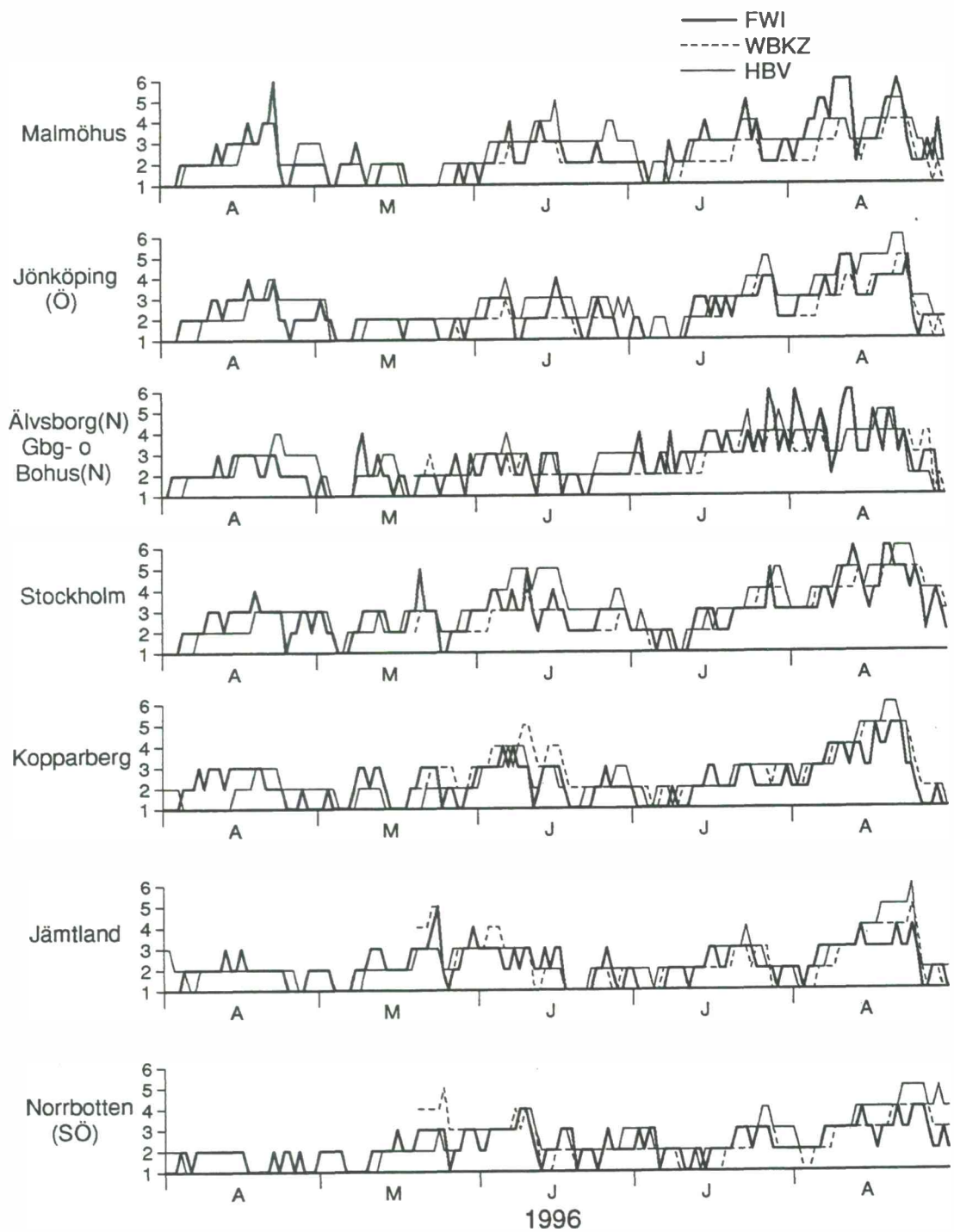
En jämförelse mellan erhållna brandriskindex med FWI-, HBV- och WBKZ-modellen har gjorts för sommarmånaderna 1996 (se figur 17). Ingen jämförelse med skogsbrandsstatistik har kunnat göras för denna period. FWI-indexet ligger i medeltal 0,2 indexnivåer under HBV-indexet under denna period. Avvikelsen mellan FWI-modellen och HBV-modellen är normalt inte större än en indexnivå. Som mest är avvikelsen två indexnivåer, vilket inträffar endast under korta tidsperioder. FWI-modellens index växlar betydligt snabbare upp och ned än de andra modellernas index. Vindens stora inverkan på FWI-indexet syns tydligt. Snabba växlingar, med höga toppar, förekommer oftare i blåsiga områden, t ex Göteborgs och Bohus län.

6. Slutsatser och diskussion

Den kanadensiska brandriskmodellen har med gott resultat använts för svenska förhållanden utan att den ursprungliga modellstrukturen modifierats. Jämförelsen med skogsbrandsstatistik omfattar dock endast en del av Sverige under ett fåtal år. Studien visar att korrelationen är hög mellan FWI-värdet och antalet inträffade skogsbränder. Korrelationen är lägre till den nedbrunna arealen, vilket även visats i utvärderingar av modellen i Kanada (Harrington m fl 1983).

Av de i modellen ingående brandriskvärdena är fuktighetsmättet för det ytliga markskiktet, DMC, och det allmänna markfuktighetsmättet, BUI, bäst korrelerade till antalet bränder. Skillnaderna mellan korrelationskoefficienter för FWI, BUI, ISI och DMC är dock liten. Brandfrekvensen ökar i allmänhet med ökande brandriskvärde. För DMC-värdet är emellertid brandfrekvensen i mellanregistret lika hög som för de högsta DMC-värdena. Ingen av de i modellen ingående delvärdena kan sägas vara avsevärt bättre korrelerat till skogsbrandsstatistiken än slutvärdet FWI.

FWI-värdet är aningen högre korrelerat till skogsbrandsstatistiken än HBV-modellens markfuktighetsvärde, men skillnaden är mycket liten och har inte funnits statistiskt signifikant. De olika sätten att analysera skogsbrandsstatistiken ger också till viss del motstridiga resultat och det är ur detta material svårt att dra slutsatser om vilken modell som indikerar fara för skogsbränder bäst. Brandfrekvensen på de högsta FWI-värdena är något högre än i motsvarande intervall för HBV-modellen. Brandfrekvensen för FWI-modellens mellanvärden är



Figur 17. Brandriskindex från FWI-modellen (tjock linje), HBV-modellen (tunn linje) och WBKZ-modellen (streckad linje) för 7 utvalda brandriskområden under brandrisksäsongen 1996. I figuren saknas WBKZ-värden före 20 maj.

emellertid också högre än för motsvarande HBV-värden. Resultaten är svårtolkade, men kan tyda på att HBV-modellen varnar för hög brandrisk något för ofta, medan FWI-modellen oftare missar att varna för bränder. Trots att HBV-modellen inte tar hänsyn till vindhastigheten, vilken i stor utsträckning påverkar brändernas spridningshastighet, ger HBV-modellen en jämnare ökning av nedbrunnen areal med ökande brandindex.

FWI-modellens dynamik skiljer sig dock avsevärt från HBV-modellens dynamik. FWI-värdet varierar betydligt snabbare upp och ner än HBV-värdet, vilket främst beror på vindhastighetens stora inverkan på FWI-värdet. BUI-värdet varierar på ett sätt som mer liknar HBV-modellens. Att sambandet med skogsbrandsstatistiken i medeltal för en längre period, trots modellernas olika dynamik, är så lika för de två modellerna, tyder på att de snabba topparna och sänkorna i FWI-modellen ofta inte återfinns i skogsbrandsstatistiken.

Undersökningen har alltså inte klart kunnat visa att FWI-indexet skulle ge säkrare brandriskprognoser än HBV-indexet. Olika faktorer pekar på fördelarna med att utnyttja HBV-modellen. FWI-modellen utgör ett komplicerat modellsystem som är utvecklat i Kanada och som det är svårt att göra justeringar i för tillämpningar i Sverige. HBV-modellen har utvecklats vid SMHI och stor erfarenhet finns där av olika tillämpningar och vidareutveckling av modellen. HBV-tillämpningen för brandriskprognoser är mycket enkel och behöver inte ses som färdigutvecklad. Justeringar och tillägg kan lätt göras vid behov, t ex kan tjockleken av det ytliga markskiktet ändras eller ett beroende av vindhastigheten införas.

De snabba växlingarna av FWI-indexet gör att användningen för allmänna brandriskvarningar kan diskuteras. Ett av målen med att HBV-indexet infördes som ett komplement till WBKZ-modellen, var just att undvika alltför snabba växlingar av de allmänna varningarna. FWI-modellens främsta användbarhet ligger kanske istället på den mycket lokala skalan, där modellens olika delindex tillsammans skulle kunna ge en mer fullständig bild av brandrisksituationen och ge värdefull specialinformation till Räddningstjänsterna. En utvärdering av modellens användning på den lilla skalan, för beskrivning av brandspridning och brandbeteende pågår för närvarande vid Lantbruksuniversitetet i Umeå.

7. Fortsatt arbete

Alla de tre brandriskmodellerna kommer tills vidare att finnas tillgängliga på SMHI och utvecklingsarbete påbörjas nu för att kunna producera areellt mer högupplösta brandriskprognoser. Metoden kommer att testas både för FWI-indexet och HBV-indexet och innebär att brandriskprognoser ska kunna tas fram i rutnätsformat om ca 12x12 km. En analysmetod som utvecklats vid SMHI gör det möjligt att kombinera olika typer av väderinformation och modellberäkningar på

ett optimalt sätt. Metoden utnyttjar observationer från SMHIs och Vägverkets stationsnät, väderinformation från satellitbilder och väderradar samt meteorologiska modellberäkningar. Genom att utnyttja denna analysmetod erhålls väderdata i ett högupplöst rutnät över landet vilka kan utnyttjas som indata till brandriskmodellerna.

Ett utökat nordiskt samarbete på skogsbrandsområdet planeras under de närmaste åren. Samarbetsprojekt planeras där de olika brandriskmodellerna i de nordiska länderna kan jämföras och utvärderas. I Finland har på senare tid t ex utvecklats en brandriskmodell vilken, liksom den svenska, bygger på fuktigheten i det ytliga markskiktet.

8. Slutord

Detta arbete har utförts vid SMHIs forskningssektion med finansiering av Räddningsverket. Allan Sjöo har utfört programmeringsarbetet för de rikstäckande prognoserna med den kanadensiska modellen och tagit fram HBV-simuleringarna. Göran Lindström och Barbro Johansson har bidragit med värdefulla råd och synpunkter. Räddningsverket samt länsstyrelser och kommuner i Jönköpings och Kalmar län har bidragit med skogsbrandsstatistik. Till alla dem som på olika sätt bidragit med material och erfarenheter som hjälp till arbetet riktas ett varmt tack.

9. Referenser

Andersson, L. (1989)

Ecohydrological water flow analysis of a Swedish landscape in a 100 year perspective. Linköping Studies in Arts and Science No. 33 (Doktorsavhandling)

Bergström, S. (1976)

Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments. SMHI Rapporter, RHO 7, Norrköping

Bergström, S. (1992)

The HBV model - its structure and applications
SMHI RH No. 4, April 1992

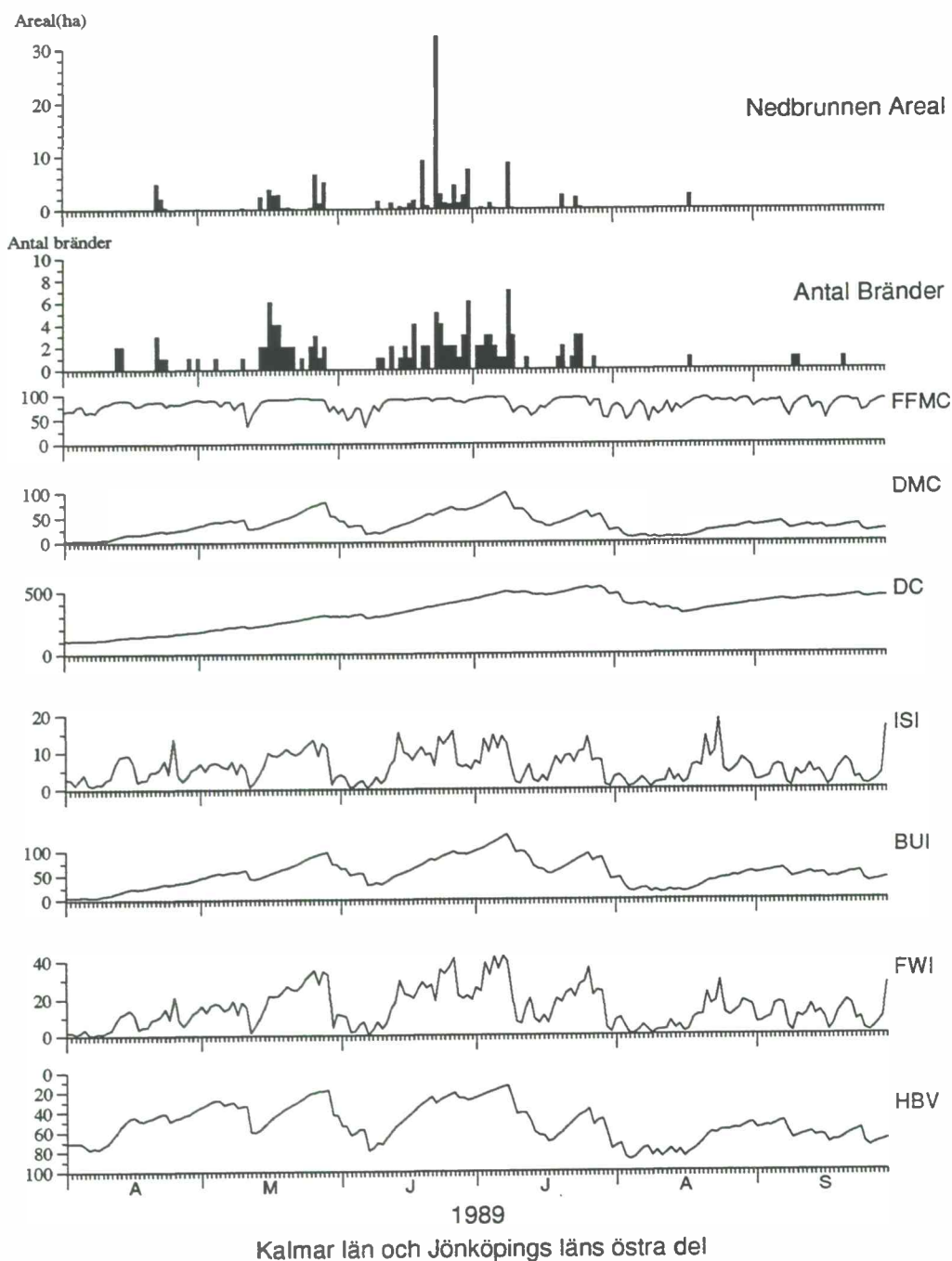
Eriksson, B. (1981)

Den "potentiella" evapotranspirationen i Sverige. SMHI Rapporter, RMK 28, Norrköping

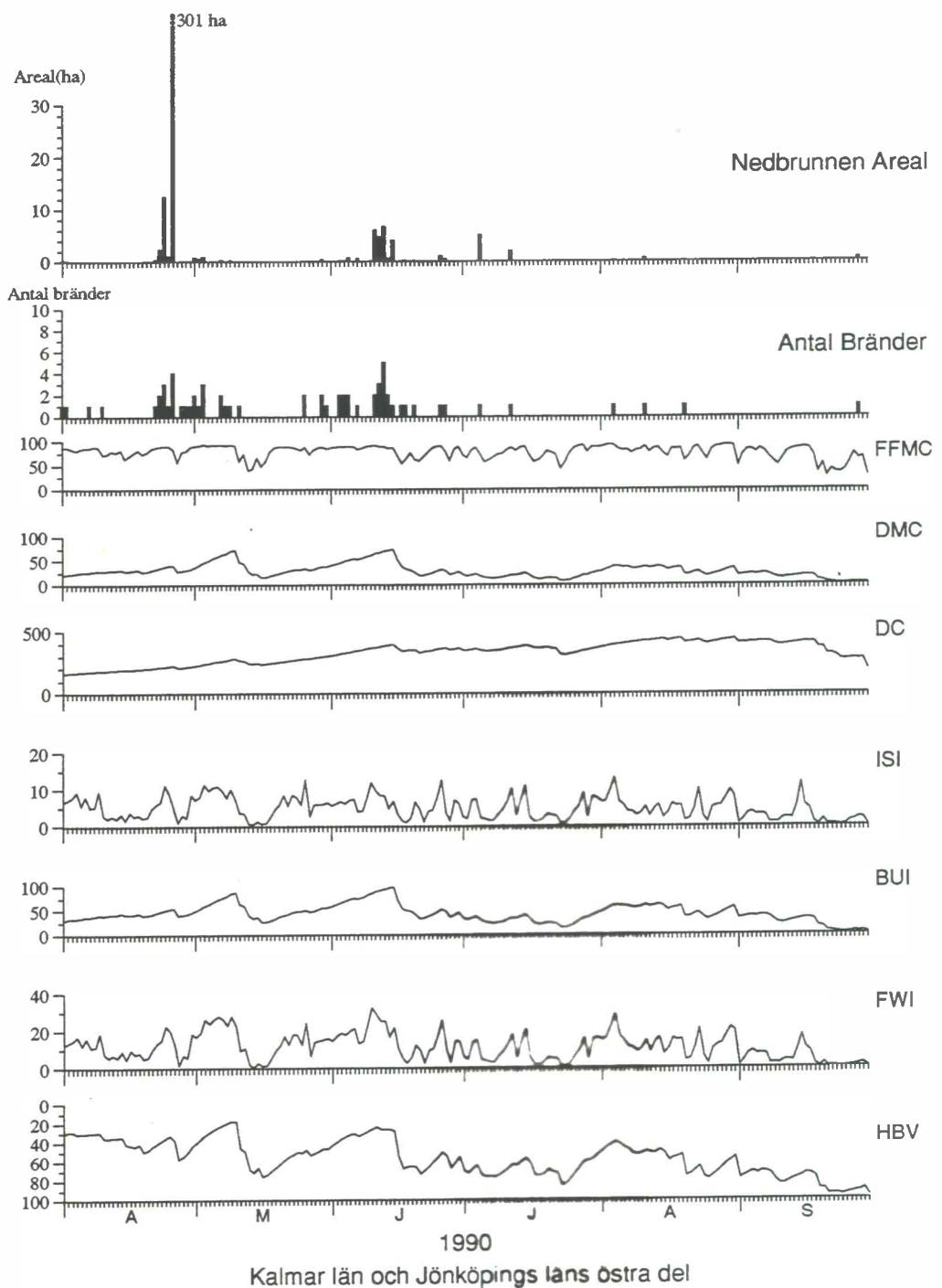
Gardelin, M. (1992)

Soil moisture. Ingår i: Modelling groundwater response to acidification, redaktörer: Per Sandén och Per Warfvinge, SMHI RH No. 5, September 1992

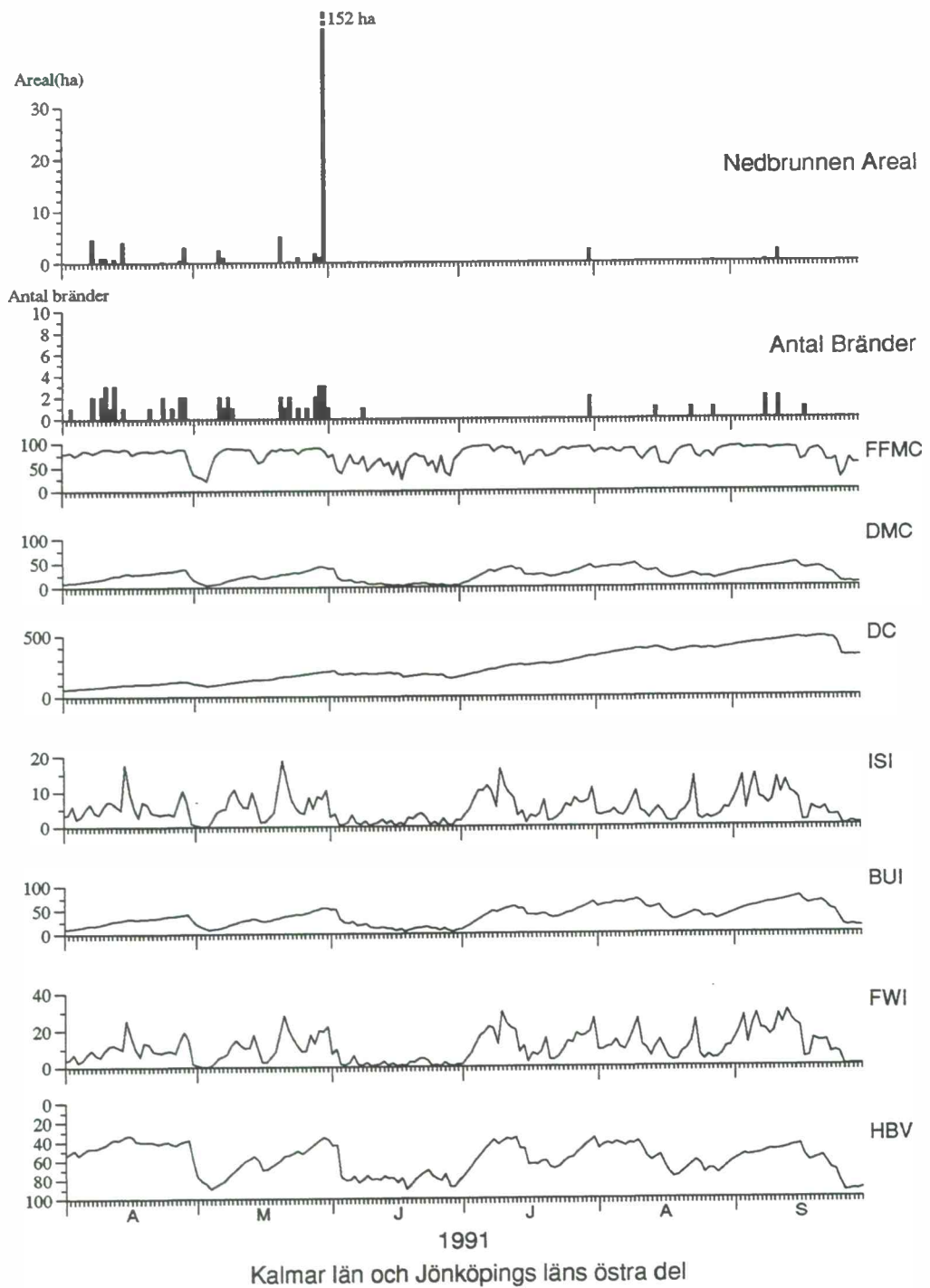
- Gardelin, M. (1995)
Brandriskprognoser med hjälp av en hydrologisk modell - Slutrapport.
FoU-rapport november 1995, Statens Räddningsverk, Karlstad
- Harrington, J.B., Flannigan, M.D. and Van Wagner, C.E. (1983)
A study of the relation of components of the fire weather index to
monthly provincial area burned by wildfire in Canada 1953-80.
Information Report PI-X-25. ISBN 0706-1854. Canadian Forestry
Service, Ottawa, Ontario, Canada.
- Lindström, G., Gardelin, M., Johansson, B., Persson, M. och
Bergström S. (1996)
HBV-96 - En areellt fördelad modell för vattenkrafthydrologin. SMHI,
Reports Hydrology nr 12, Norrköping.
- Stocks, B.J., Lawson, B.D., Alexander, M.E., Van Wagner, C.E.,
McAlpine, R.S., Lynham, T.J. and Dubé, D.E. (1989)
The Canadian Forest Fire Danger Rating System: An Overview.
The Forestry Chronicle no 4, 1989
- Thornthwaite, C.W. (1948)
An approach toward a rational classification of climate.
Geogr. Rev., 38, 55 - 94
- Van Wagner, C.E. (1987)
Development and structure of the Canadian Forest Fire Weather Index
System. Forestry Technical Report 35. Canadian Forestry Service,
Ottawa, Ontario, Canada.
- Wallén, C.C. (1966)
Global solar radiation and potential evapotranspiration in Sweden. Tellus,
Vol. 18:4, 746-800



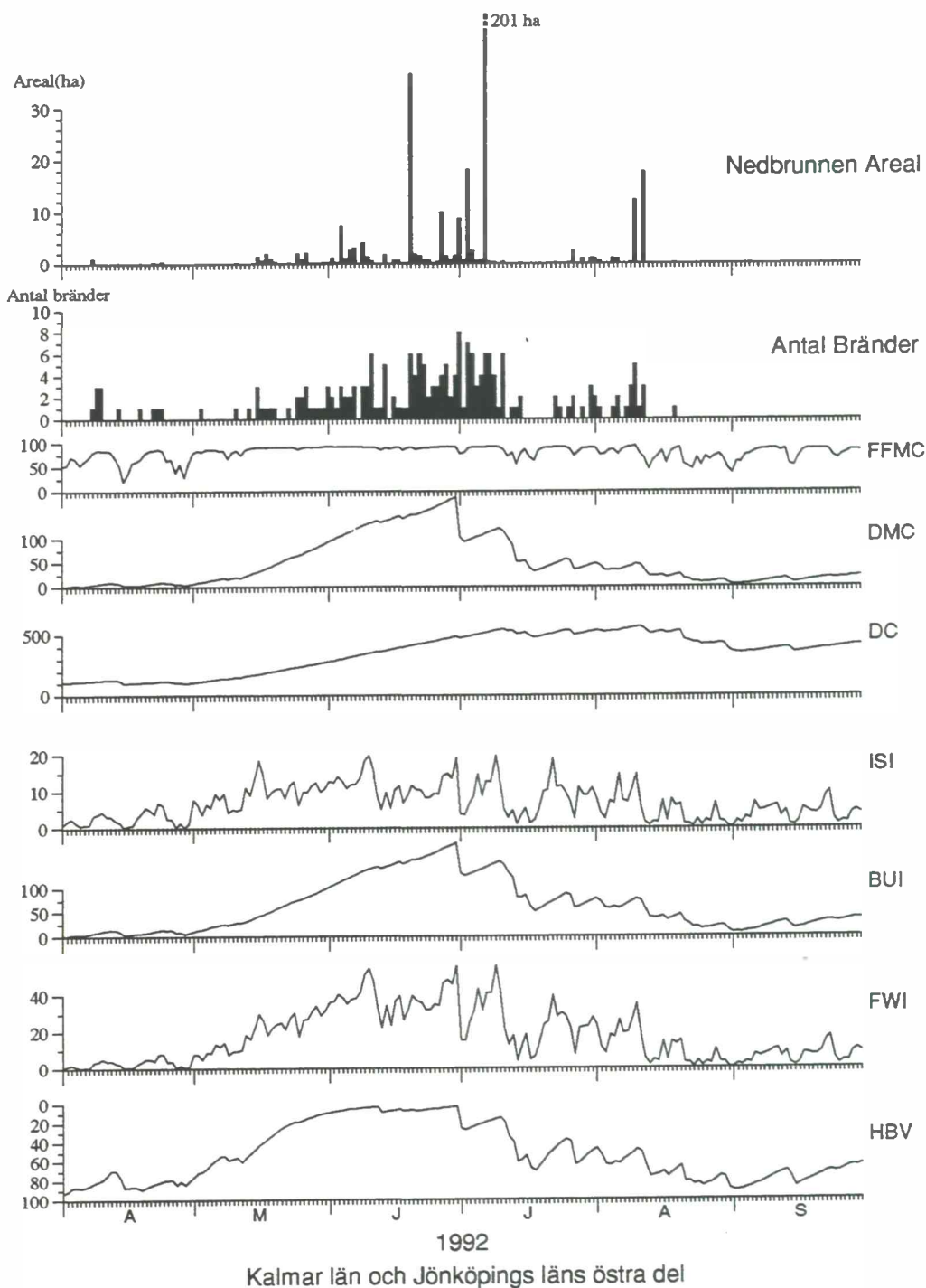
Figur 1:1 Modellsimuleringar med FWI-modellen och HBV-modellen samt daglig skogsbrandsstatistik för Kalmar län och Jönköpings läns östra del under perioden april-september 1989. (Markfuktigheten i HBV-modellen anges i % av maximal markfuktighet. FWI-modellens värden anges i särskild enhet för respektive värde.)



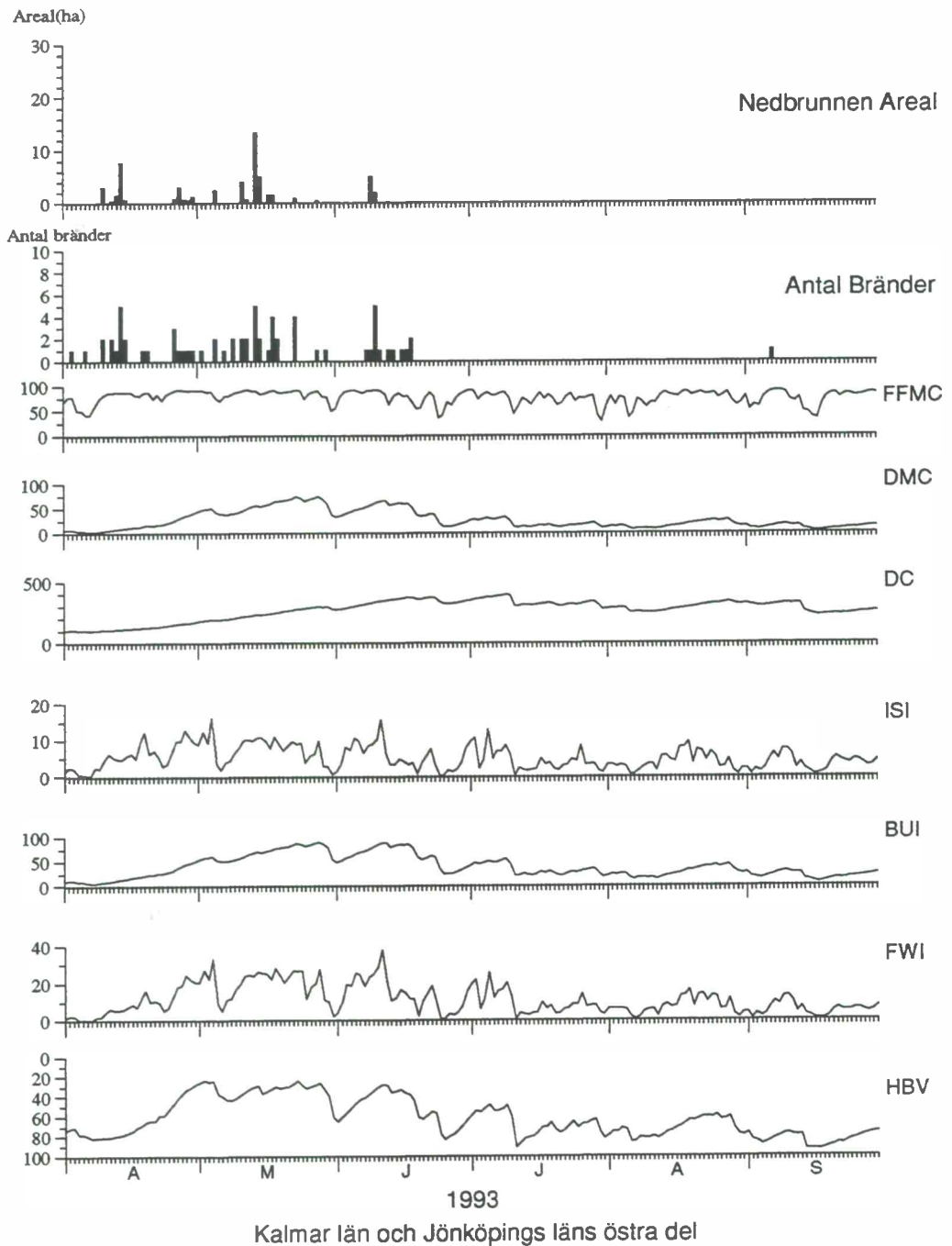
Figur 1:2 Modellsimuleringar med FWI-modellen och HBV-modellen samt daglig skogsbrandsstatistik för Kalmar län och Jönköpings läns östra del under perioden april-september 1990. (Markfuktigheten i HBV-modellen anges i % av maximal markfuktighet. FWI-modellens värden anges i särskild enhet för respektive värde.)



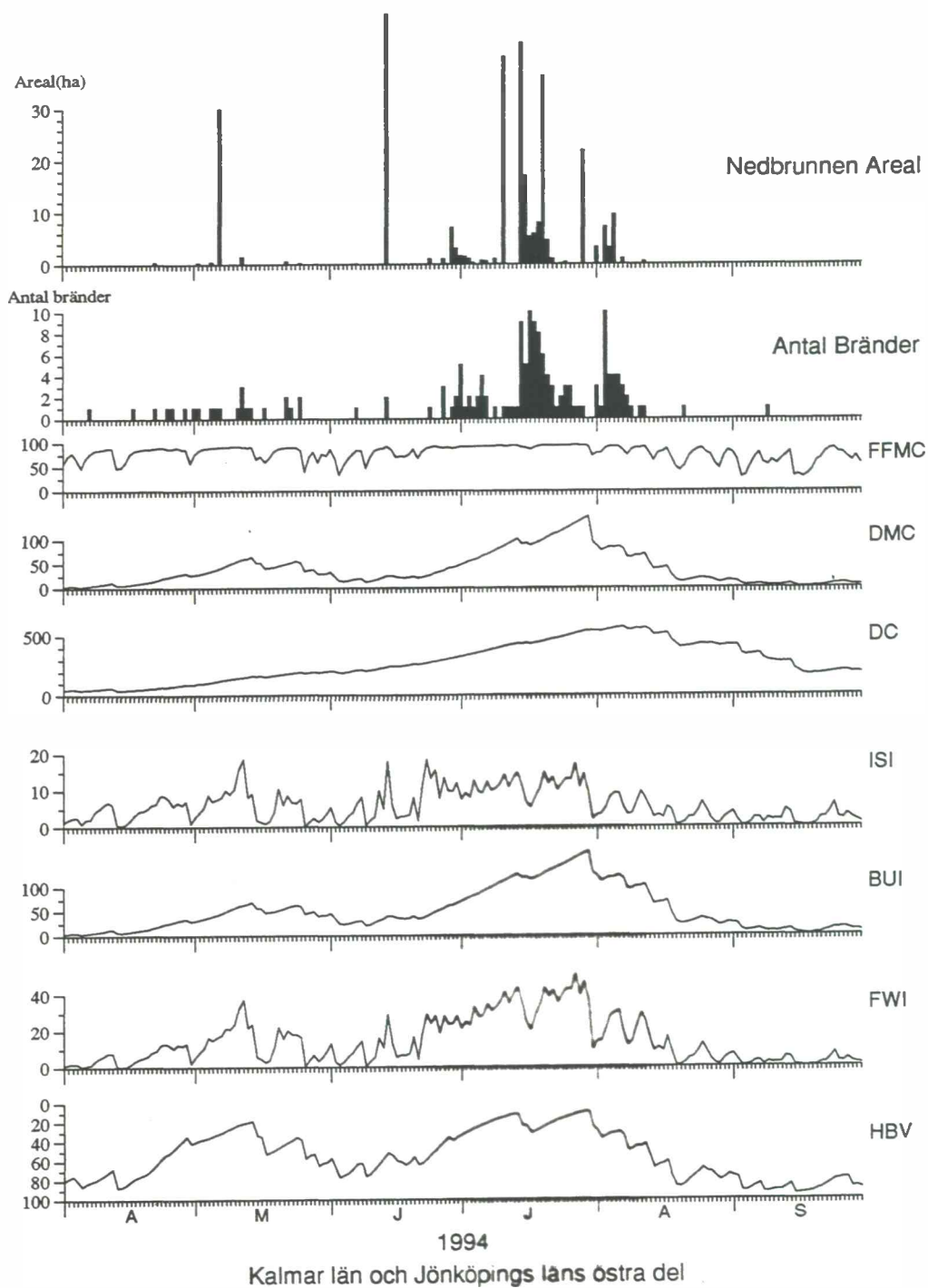
Figur 1:3 Modellsimuleringar med FWI-modellen och HBV-modellen samt daglig skogsbrandsstatistik för Kalmar län och Jönköpings läns östra del under perioden april-september 1991. (Markfuktigheten i HBV-modellen anges i % av maximal markfuktighet. FWI-modellens värden anges i särskild enhet för respektive värde.)



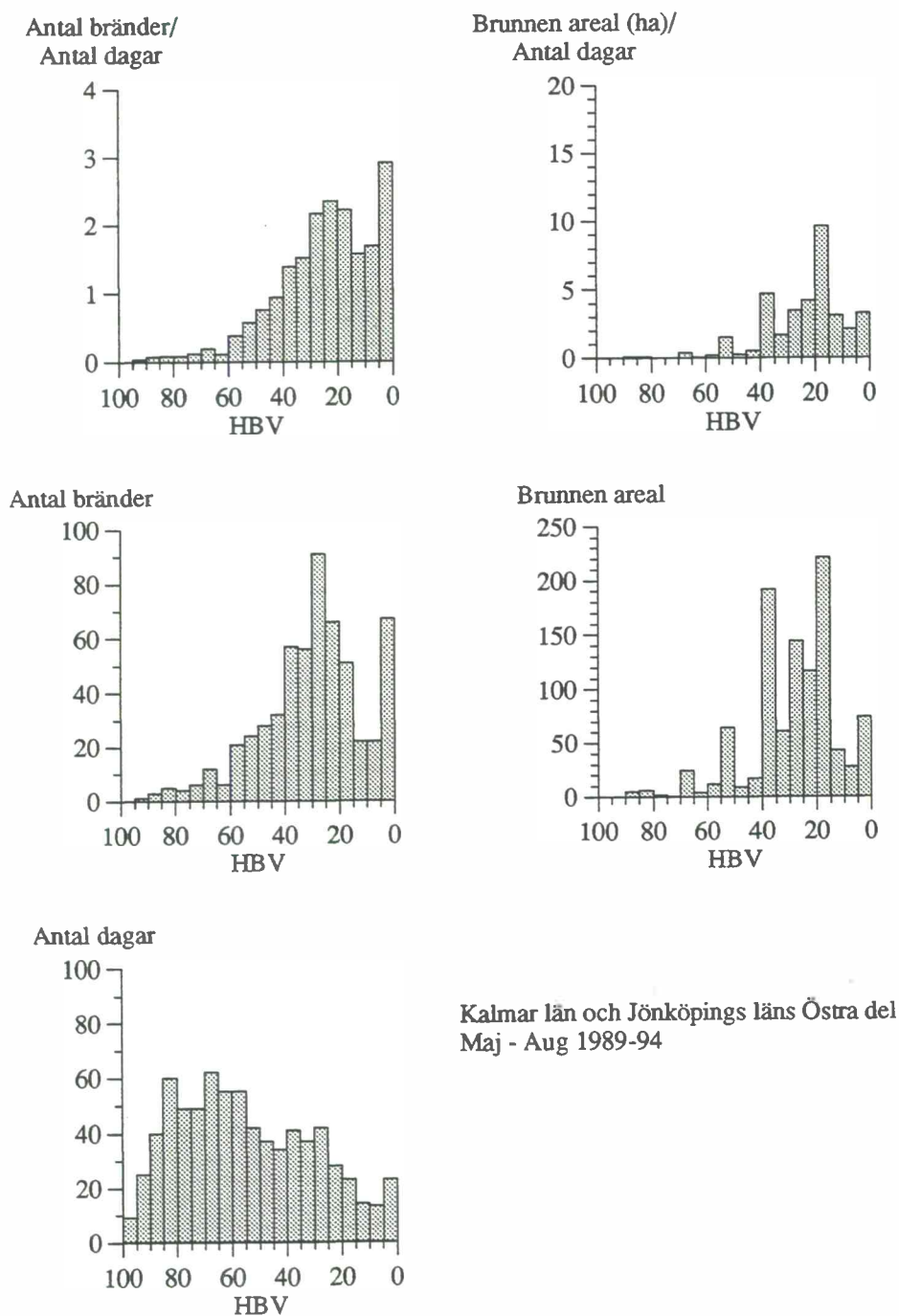
Figur 1:4 Modellsimuleringar med FWI-modellen och HBV-modellen samt daglig skogsbrandsstatistik för Kalmar län och Jönköpings läns östra del under perioden april-september 1992. (Markfuktigheten i HBV-modellen anges i % av maximal markfuktighet. FWI-modellens värden anges i särskild enhet för respektive värde.)



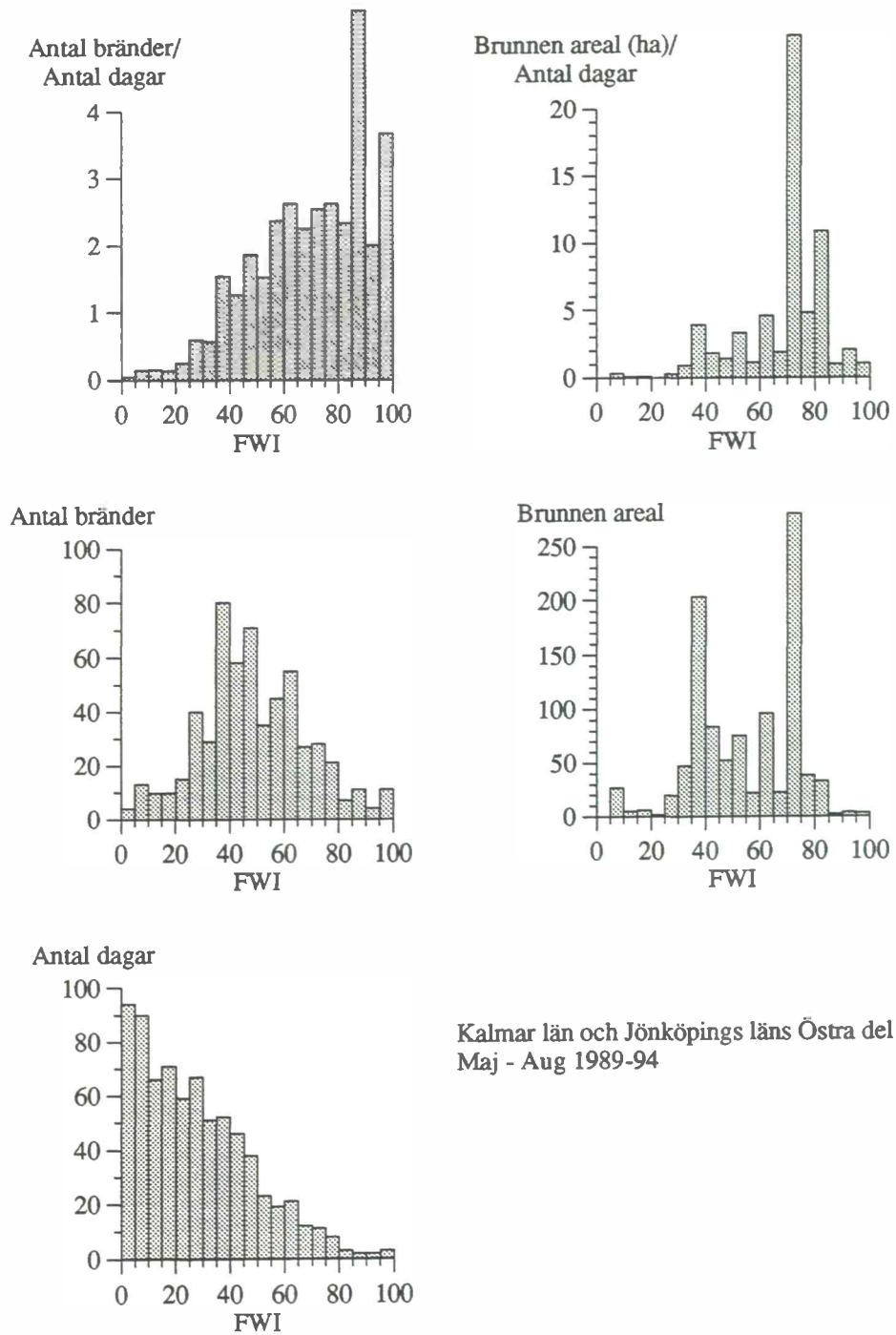
Figur 1:5 Modellsimuleringar med FWI-modellen och HBV-modellen samt daglig skogsbrandsstatistik för Kalmar län och Jönköpings läns östra del under perioden april-september 1993. (Markfuktigheten i HBV-modellen anges i % av maximal markfuktighet. FWI-modellens värden anges i särskild enhet för respektive värde.)



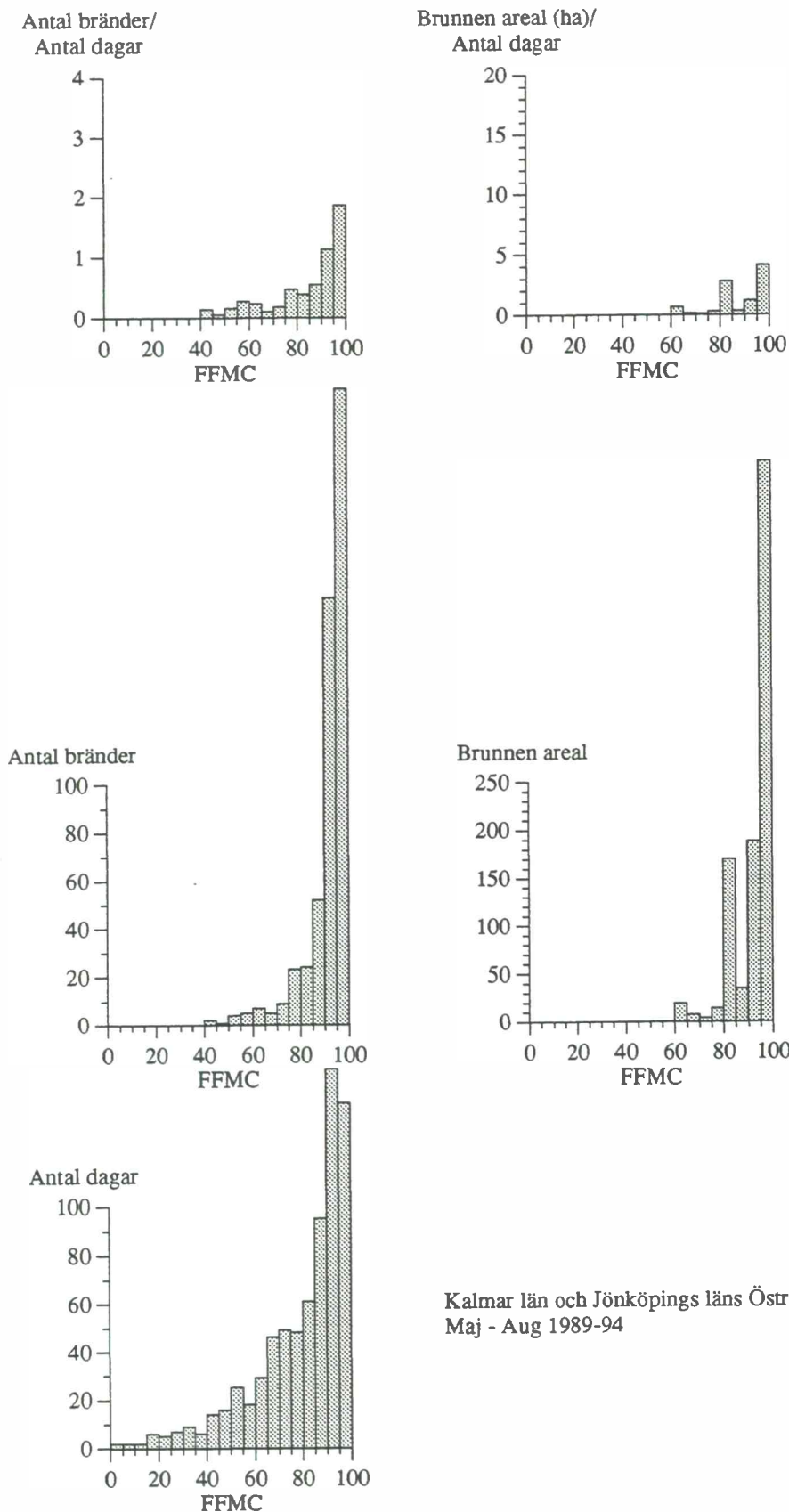
Figur 1:6 Modellsimuleringar med FWI-modellen och HBV-modellen samt daglig skogsbrandsstatistik för Kalmar län och Jönköpings läns östra del under perioden april-september 1994. (Markfuktigheten i HBV-modellen anges i % av maximal markfuktighet. FWI-modellens värden anges i särskild enhet för respektive värde.)



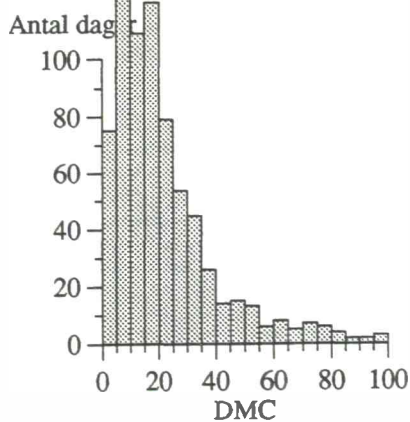
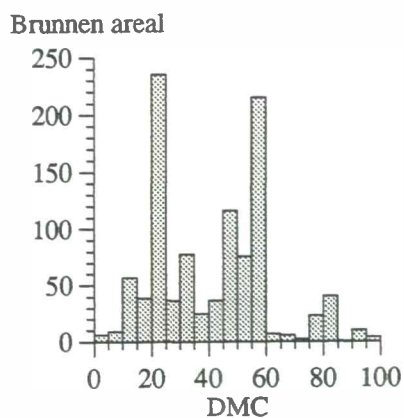
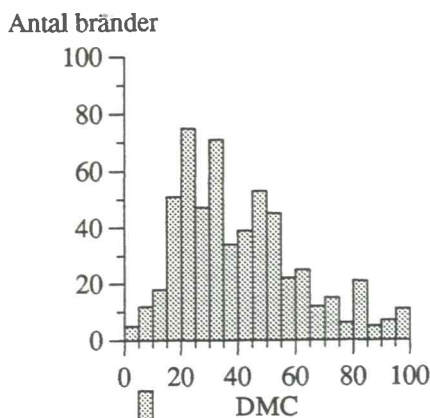
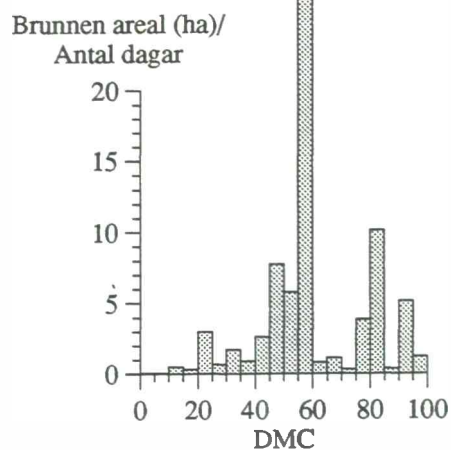
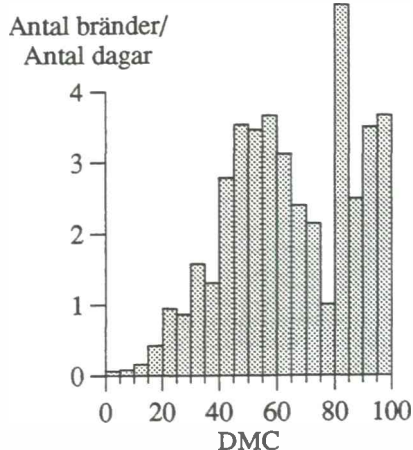
Figur 2:1 Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens i olika intervall av HBV-värdet. Intervallen motsvarar 5% av den totala variationen under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.



Figur 2:2 Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens i olika intervall av FWI-värdet. Intervallen motsvarar 5% av den totala variationen under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.

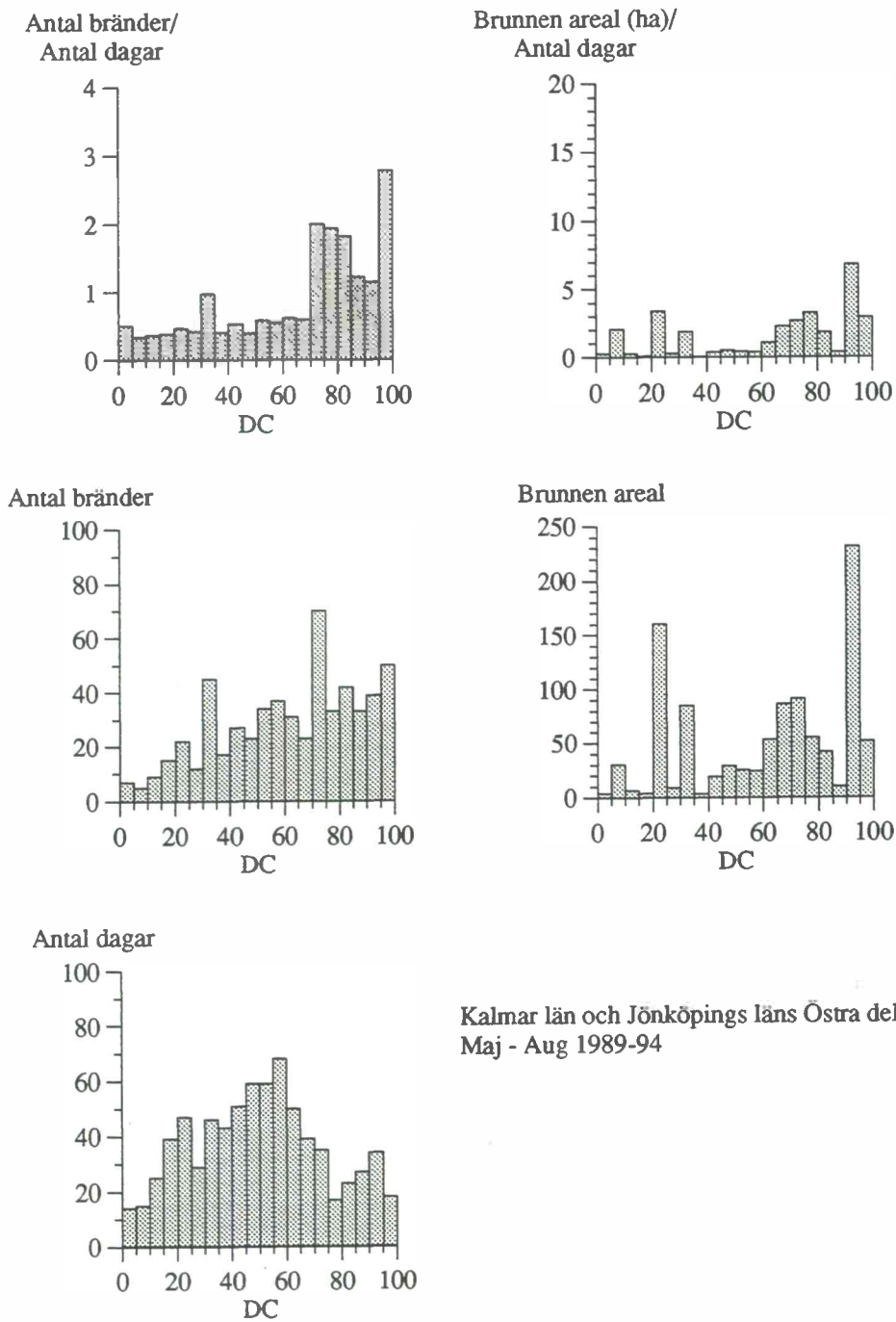


Figur 2:3 Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens i olika intervall av FFMC-värdet. Intervallen motsvarar 5% av den totala variationen under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.



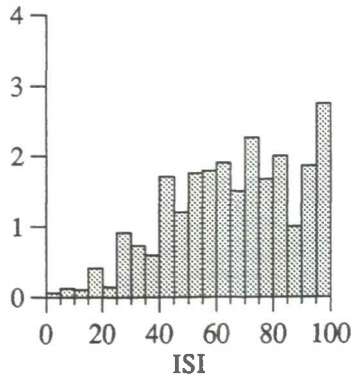
Kalmar län och Jönköpings läns Östra del
Maj - Aug 1989-94

Figur 2:4 Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens i olika intervall av DMC-värdet. Intervallen motsvarar 5% av den totala variationen under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.

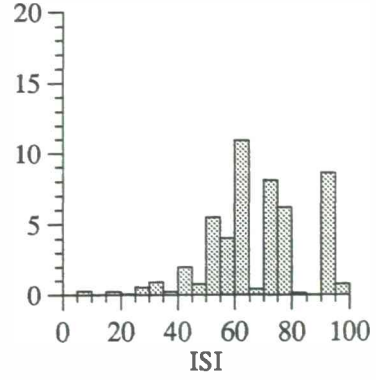


Figur 2:5 Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens i olika intervall av DC-värdet. Intervallen motsvarar 5% av den totala variationen under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.

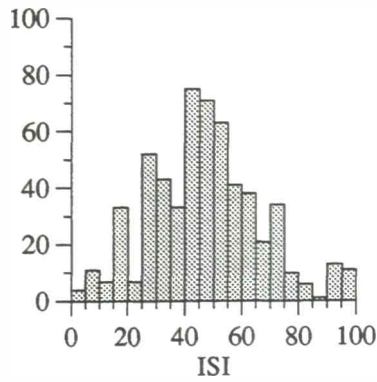
Antal bränder/
Antal dagar



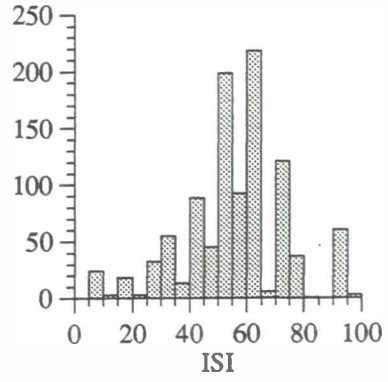
Brunnen areal (ha)/
Antal dagar



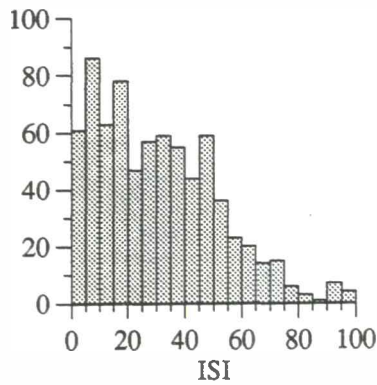
Antal bränder



Brunnen areal

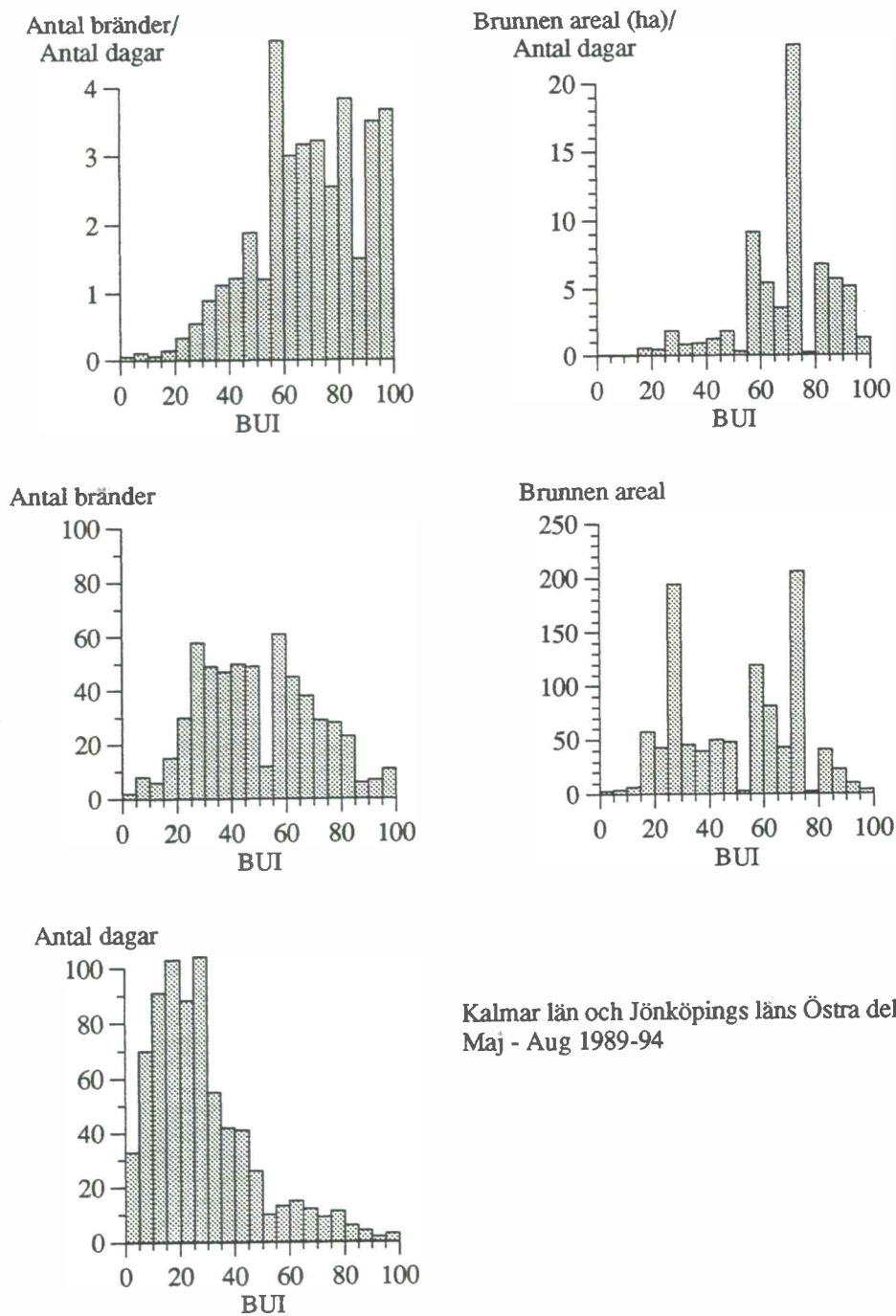


Antal dagar



Kalmar län och Jönköpings läns Östra del
Maj - Aug 1989-94

Figur 2:6 Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens i olika intervall av ISI-värdet. Intervallen motsvarar 5% av den totala variationen under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.



Figur 2:7 Antal bränder, nedbrunnen areal, antal dagar samt brandfrekvens i olika intervall av BUI-värdet. Intervallen motsvarar 5% av den totala variationen under perioden maj-augusti 1989-94 i Kalmar län och Jönköpings läns östra del.

Räddningsverkets bibliotek
Karlstad



26152003605

Räddningsverket, 651 80 Karlstad.

Telefon 054-10 28 89. Internet <http://www.raedningsverket.se>

Beställningsnummer P21-168/97. Telefon 054-10 42 86, telefax 054-10 42 87

ISBN 91-88890-64-3



*Ps*ce*

*Brandrisk prog-
nosi*