

Brandriskvärden beräknade ur analyserade meteorologiska indata



**RÄDDNINGS
VERKET**

Brandriskvärden beräknade ur analyserade meteorologiska indata

Rapporten har utarbetats av

Marie Gardelin, Lars Häggmark, Karl-Ivar Ivarsson och Allan Sjöo, SMHI, tel 011-15 80 00 (vxl)

Räddningsverkets kontaktperson:

Leif Sandahl, Enheten för metod och teknik, tel 054-10 43 12, vxl 054-10 40 00

1998 Räddningsverket, Karlstad
Räddningstjänstavdelningen
ISBN 91-88891-26-7

Beställningsnummer P21-217/98
1998 års utgåva

Elanders Gotab 20726, Stockholm 1998

Forest fire danger estimations using analysed meteorological data

by

Marie Gardelin, Lars Häggmark, Karl-Ivar Ivarsson and Allan Sjöö

Abstract

A method for the analyse and optimal interpolation of different meteorological data has been developed at the Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SMHI. The method, called MESAN, uses observations from different meteorological stations, weather radar, satellite and model computations. Analysed meteorological data from MESAN was used as input data for estimations of forest fire danger with two forest fire models during a test period in 1996. The Canadian FWI model and the soil moisture routine of the Swedish HBV runoff model, were used to produce approximately 1900 distributed estimations of forest fire danger in Sweden. It was found possible to produce distributed forest fire estimations with both the FWI and HBV model. The forest fire index could differ several index points within a forecasting area. As a mean over the forecasting area, the use of MESAN, as compared to using station data only, resulted in a lower fire index of approximately 0.2 points.

Innehållsförteckning

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	3
SAMMANFATTNING	5
1. BAKGRUND	6
2. MÅLSÄTTNING	7
3. METOD	7
3.1. Mesoskalig analys (MESAN)	8
3.1.1. Metodbeskrivning	8
3.1.2. Strukturfunktioner	8
3.1.3. Kvalitetskontroll	9
3.1.4. Indata	10
3.1.5. Analys av olika parametrar	10
3.2. Markfuktighetsmodell (HBV)	11
3.3. Kanadensisk brandriskmodell (FWI)	12
4. RESULTAT	14
4.1. HBV-modellen	14
4.2. FWI-modellen	26
4.3. Nederbörd	40
4.4. Temperatur	42
4.5. Vindhastighet	44
4.6. Luftfuktighet	46
5. PRESENTATION	48
6. SLUTSATSER	55
7. FORTSATT ARBETE	56
8. REFERENSER	56

Brandriskvärden beräknade ur analyserade meteorologiska indata

av

Marie Gardelin, Lars Häggmark, Karl-Ivar Ivarsson och Allan Sjöö

Sammanfattning

En analysmetod som utvecklats vid SMHI gör det möjligt att kombinera olika typer av väderinformation och modellberäkningar på ett optimalt sätt. Metoden som kallas MESAN utnyttjar observationer från SMHIs och Vägverkets stationsnät, väderinformation från satellitbilder och väderradar samt meteorologiska modellberäkningar. Genom denna analysmetod erhålls väderdata i ett högupplöst rutnät över landet vilka kan utnyttjas som indata till brandriskberäkningar. Användningen av MESAN-data gör det möjligt att beskriva brandriskens variation inom de nuvarande brandriskområdena.

I denna rapport redovisas resultat från modellsimuleringar för en försöksperiod under sommaren 1996, då MESAN-data utnyttjats som indata till två brandriskmodeller. Brandriskvärden har beräknats med en kanadensisk brandriskmodell (FWI-modellen) och markfuktighetsberäkningar för brandriskbedömning har utförts med SMHIs avrinningsmodell (HBV-modellen). Genom beräkningarna har dagligen cirka 1900 brandriskvärden erhållits i ett rutnät (12,5 x 12,5 km) över landet. De brandriskvärden som erhållits från analyserade väderdata har jämförts med värden erhållna ur enbart stationsdata, genom att brandriskens medelvärde över brandriskområdena beräknats för analyserade data respektive stationsdata.

Studien har visat det möjligt att framställa högupplösta brandriskvärden med både HBV- och FWI-modellen. De brandriskindex som beräknats kan, för båda modellerna, variera flera indexnivåer inom ett enskilt brandriskområde. FWI-modellen ger en något mer splittrad bild av brandriskens variation än HBV-modellen. Användningen av MESAN-data medför att något lägre brandriskvärden erhålls jämfört med när stationsdata används. I medeltal över brandriskområdena, innebär detta en sänkning av brandriskindexet med cirka 0,2 enheter för både HBV-modellen och FWI-modellen. Störst skillnad mellan brandriskvärden beräknade med de två metoderna erhöles, för båda brandriskmodellerna, vid de höga brandrisknivåerna i augusti månad. Avvikelsen härrör till stor del från avvikelser i framför allt nederbörd och vindhastighet.

Nyckelord: skogsbrand, skogsbrandsvarning, brandriskmodell, brandriskprognos, meteorologisk analys, optimal interpolation

1. Bakgrund

Under senare år har arbetet med att förbättra SMHIs brandriskprognoser drivits inom flera olika utvecklingsprojekt. Den brandriskmodell, kallad WBKZ-modellen, som sedan lång tid tillbaka legat till grund för brandriskprognoserna har på olika sätt förfinats och vidareutvecklats.

En metod har utvecklats där modellberäknad markfuktighet utnyttjas som ett mått på brandrisken. Med denna metod relateras brandrisken till markfuktigheten i ett ytligt markskikt, vilken beräknats med SMHIs hydrologiska avrinningsmodell (HBV-modellen, se avsnitt 3.2). Under 1996 och 1997 har denna metod utnyttjats som ett komplement till WBKZ-modellen för rikstäckande brandriskprognoser i operationell drift.

Under 1997 har rikstäckande brandriskvärden på försök även tagits fram med hjälp av en kanadensisk skogsbrandsmodell (FWI-modellen, se avsnitt 3.3). Modellen producerar förutom det allmänna brandriskvärdet en rad delindex, vilka baserade på bl a vindhastigheten kan ge detaljinformation om bränders spridningsrisk.

Det tidigare utvecklingsarbetet har varit inriktat på att förbättra modellernas beskrivning av brandrisken, medan den areella upplösningen av brandriskvärdena varit oförändrad. Detta innebär att för alla modellerna har brandrisken inom ett brandriskområde representerats av endast ett brandriskvärde. Värdet har beräknats som ett enkelt medelvärde från normalt ca 3-5 meteorologiska stationer i varje brandriskområde. Landets 34 brandriskområden är av storleksordningen län eller halva län och ett brandriskvärde har ofta varit otillräckligt för att beskriva brandrisken och variationen inom området. Behovet av mer högupplöst brandriskinformation är stort.

En analysmetod som utvecklats vid SMHI gör det möjligt att kombinera olika typer av väderinformation och modellberäkningar på ett optimalt sätt. Metoden som kallas MESAN (Mesoskalig Analys, se avsnitt 3.1) 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. Metoden innebär att meteorologiska indata kan fås även från platser där observationer saknas.

I denna rapport presenteras resultaten av modellsimuleringar med HBV- och FWI-modellen där analyserade meteorologiska indata från sommaren 1996 utnyttjats. Arbetet har utförts vid SMHIs forskningssektion med finansiering från Räddningsverket.

2. Målsättning

Arbetets syfte har varit att ta fram en metod och bygga upp ett system för att utnyttja analyserade meteorologiska indata till simuleringar med HBV- och FWI-modellen. Metoden har testats på sparade analyser från perioden mars-september 1996 och de erhållna brandriskvärdena har studerats. Värdena har jämförts med brandriskvärden beräknade ur enbart stationsdata och variationen inom brandriskområdena har studerats. Målsättningen har också varit att visa olika presentationsmöjligheter i kartform och att förbereda för ett försök i realtid under 1998 där även prognoser för brandrisken ska kunna presenteras.

3. Metod

Analys av meteorologiska indata har utnyttjats för simuleringar med två brandriskmodeller, HBV-modellen och FWI-modellen. Båda modellernas brandriskvärden och motsvarande brandriskindex har studerats. Brandriskindex anges här på en skala mellan 1 och 6, där 6 motsvarar högsta brandrisk. Modellsimuleringar har gjorts för perioden mars-september 1996 och omfattar alla brandriskområden i landet. För HBV-modellen utnyttjas analyser av dygnsnederbörd och dygnsmedeltemperatur. FWI-modellen utnyttjar analyser av dygnsnederbörd, temperatur kl 12, vindhastighet kl 12 samt relativ fuktighet kl 12.

Analysen har gjorts i ett rutnät om 12,5 x 12,5 km för alla parametrar utom vindhastigheten, som i detta försök har upplösningen 50 x 50 km. Behandlingen av kustzonen och större sjöar är ännu inte helt genomarbetad, vilket t ex innebär att brandriskvärden också anges över de stora sjöarna men saknas på större öar vid kusten. En bättre täckning av kustzonen kommer att införas inför de planerade testerna under sommaren 1998. Med upplösningen 12,5 x 12,5 km erhålls cirka 1900 värden i ett rutnät över landet.

Brandriskvärdena som erhållits från analyserade väderdata har jämförts med resultaten från stationsdata genom att medelvärden över brandriskområdena beräknats för analyserade data respektive stationsdata. Denna enkla metod har här använts för att ge en allmän uppfattning om vilken effekt användningen av MESAN-data har på nivån på brandriskvärdena inom ett brandriskområde och är alltså ingen utvärdering av kvalitén hos MESAN-data jämfört med stationsdata. Stationsdata som ingått i jämförelsen har omfattat 144 meteorologiska stationer. Ingen jämförelse har i denna studie kunnat göras med statistik över inträffade skogsbränder.

3.1. Mesoskalig analys (MESAN)

MESAN står för MESoskalig ANalys (Häggmark m fl 1997).

Beteckningen mesoskalig indikerar att man här hanterar fenomen som är av storleksordningen några km och större. MESAN är ett operationellt system för kartläggning av olika väderparametrar på denna skala. Kartläggningen görs i ett rutnät (grid) där värdet i varje ruta anger ett medelvärde för rutan.

3.1.1. Metodbeskrivning

Den som någon gång har haft en nederbördsräknare på sin tomt och sedan jämfört nederbördsmängder med någon granne, vet att värdena kan skilja en hel del. Att resultatet skiljer kan bero på olika typer av mätare, på hur dessa är placerade och på hur de avläses. Man brukar kalla dessa avvikelser för observationsfel. Om observationsfelen är slumpmässiga kommer betydelsen av dessa att minska om man tar medelvärdet av våra och grannens mätningar. Ju större observationsfelen är desto fler mätningar behövs för att kunna göra en säker bestämning av det sanna värdet.

Om mätningarna är gjorda nära varandra kan man alltså få en säkrare skattning genom att medelvärdesbilda. Detta gäller säkert även om avståndet mellan mätningarna skulle vara något 100-tal meter. Men om avståndet ökas ytterligare, är det då meningsfullt att göra en medelvärdesbildning? Svaret på den frågan är naturligtvis ja, upp till en viss gräns. Och under förutsättning att vikterna vid medelvärdesbildningen tar hänsyn till avståndet. Hur vikterna ser ut och hur långt bort man skall ta hänsyn till mätvärden formuleras i analysen med hjälp av något som kallas för strukturfunktioner.

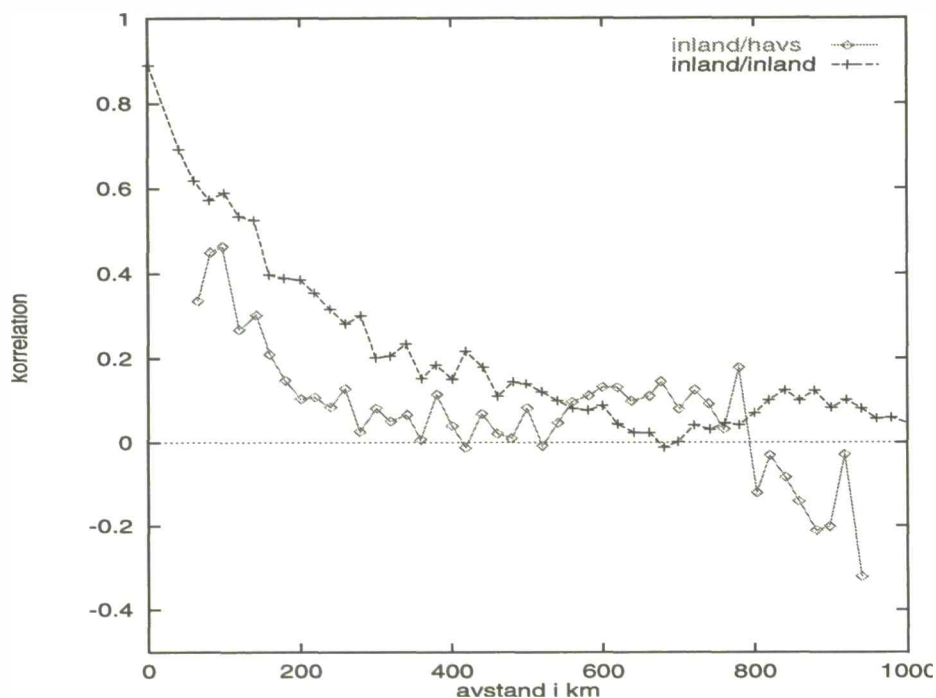
Inledningsvis nämndes att analysen görs i ett rutnät och att värdena representerar ytmedelvärden för rutorna. Det innebär att observationerna är behäftade med ytterligare en typ av fel, nämligen ett representativitetsfel, dvs observationerna avspeglar punktvärden snarare än de ytmedelvärden som analysen skall ange.

Varje analys är alltså ett medelvärde av ett antal observationer, där varje observation har fått en vikt som beror på dess informationsinnehåll. Eftersom värdet bara ändras gradvis skulle man också kunna väga in även tidigare observationer och här gäller naturligtvis att gamla observationer bör ha mindre vikt. Ett annat sätt att ta tillvara äldre observationer är att i stället väga in en prognos som gäller vid analysstillfället och som ju bygger på tidigare observationer. Detta görs också i MESAN, som i praktiken utgår från en prognos och modifierar denna så att den stämmer bättre med observationerna. Att analysen och observationerna inte alltid ger samma värden beror på att observationerna är behäftade med fel och att de inte representerar samma sak som analysen.

3.1.2. Strukturfunktioner

Via strukturfunktioner beskrivs sambandet mellan olika observationer som funktion av t ex avstånd. Dessa samband bestäms från ett stort historiskt material genom att studera korrelationen mellan mätvärden

från olika orter. Korrelationer som närmar sig 1 (och -1) indikerar ett starkt samband. Vi ser av figur 1 att sambandet mellan observationer minskar med ökande avstånd. Det innebär att man vid kartläggningen av värdet i en gridruta kan bortse från väderobservationer som ligger längre bort än ungefär 100 mil. Man ser dessutom att observationer som ligger i inlandet har högre korrelation med inlandstationer än med observationer på samma avstånd men ute till havs. Om den gridruta som behandlas ligger i inlandet finns alltså mest information att hämta från inlandsstationer och dessa skall därför ha en större vikt än andra.



Figur 1. Korrelationen mellan olika observationer av temperatur som funktion av avstånd. Övre kurvan - båda stationerna ligger i inlandet. Nedre kurvan - den ena stationen ligger i inlandet och den andra ute till havs.

Man kan också notera att korrelationen inte går mot ett när avståndet mellan stationer går mot noll och speciellt kan man i figuren ana att detta gäller för inland/havs relationen. Orsaken är att observationerna har ett okorrelerat observationsfel och man kan från storleken på korrelationen extrapolerad till avståndet noll dra slutsatser om observationsfelets storlek.

3.1.3. Kvalitetskontroll

Slumpmässiga fel kan kompenseras av tillgång till andra observationer. Det gör att även osäkra observationer kan öka kvalitén på analysen. Men detta gäller bara om felen är slumpmässiga. Systematiska fel måste däremot elimineras innan de kommer in i analysen. Hur detta går till är beroende på felens karaktär och skall inte närmare behandlas här. Man kan bara konstatera att det i dessa fall ofta rör sig om fjärranalysdata från radar eller satellit.

En kvalitetskontroll av alla indata genomförs innan själva analysen startar. En första grov kontroll görs där observationer med direkt

orimliga värden underkänds. Därefter görs en noggrannare kontroll. Denna bygger på en jämförelse mellan ett analyserat och observerat värde. Till platsen för den observation som skall kontrolleras, genomförs en analys med hjälp av endast omkringliggande stationer. Med kunskap om de normala observationsfelen kan analysfelet beräknas. Man kan sedan beräkna sannolikheten för att skillnaden mellan observation och analys skall vara större (eller mindre) än det uppnådda värdet. Om observationen avviker från analysen mer än ett visst värde så underkänds observationen. Denna operation genomförs för alla stationer.

3.1.4. Indata

Alla indata som är tillgängliga och har relevans för analys av en parameter kan användas. Detta gäller förutsatt att de på något sätt kan omvandlas till samma storhet. För analys av nederbörd måste t ex radardata räknas om från momentant reflekterad energi till ackumulerad nederbörd. I princip är inte det märkvärdigare än att man mäter temperatur med hjälp av utvidgning av kvicksilver.

De typer av data som används är

- synoptiska manuella observationer
- automatstationsdata från SMHI:s stationsnät
- observationer från vägverkets observationsnät VViS
- radardata
- satellitdata
- prognosdata från SMHI:s meteorologiska modell, HIRLAM (Källén, 1996)
- klimatologisk information
- fysiografiska data

3.1.5. Analys av olika parametrar

Nederbörd

I nederbördsanalyserna utnyttjas kunskap om den klimatologiska nederbördsfördelningen för att förbättra upplösningen. I stället för att analysera i mm nederbörd analyseras i andel av ett klimatologiskt värde. Det skulle t ex kunna vara i procent av den normala månadsnederbörden (men i MESAN används i stället standardavvikelsen av observerad nederbörd). Avsikten är att observationer från klimatologiskt torra områden inte skall leda till låga värden i nederbördsrika områden. Speciellt viktigt är detta i områden där det finns stora lokala variationer, som t ex i fjälltrakterna eller nära västsidan av Sydsvenska Högländet.

Nederbördsanalyser görs för ett antal olika integrationstider, från 1 timme upp till 24 timmar. Eftersom nederbördsområden rör sig kommer större områden att få regn för de långa ackumuleringsperioderna än för de korta. Det innebär att informationen i varje observation blir mindre lokal för längre analysperioder, och det i sin tur att man kan klara sig

med ett något glesare observationsnät, eller om man så vill att analyskvaliteten blir högre med samma observationstäthet.

Liksom för analys av övriga parametrar som nämns nedan utgår MESAN från en prognos från SMHI:s meteorologiska modell, HIRLAM, som sedan modifieras med observationer. HIRLAM körs med två olika upplösningar, dels 44 km och dels med 22 km. De observationer som används i analysen är synoptiska data, automatstationsdata (både SMHI:s och Vägverkets observationsnät) och för de kortare integrationstiderna även radardata.

Temperatur

Strukturfunktionerna (se ovan) är vid analys av temperatur en funktion av avstånd, underlag och höjd över havet. Med underlag avses här andelen land/vatten i en gridruta. Att höjden har betydelse beror på att temperaturen varierar med höjden och att man önskar ta hänsyn till detta. Normalt sett minskar temperaturen med ökad höjd, men speciellt vintertid kan motsatsen ofta gälla. Även här utgår analysen från HIRLAM och använder synoptiska observationer och automatstationsdata från SMHI och Vägverket.

Vind

Hur kraftig vinden vid marken (10 meters höjd) är beror dels på den allmänna strömningen en bit upp i luften men också på hur slät marken är. Man vet t ex att det blåser betydligt mer i slättbygder än i skogstrakter och ännu mer i kustbandet. När observationerna skall viktas ihop till ett gridpunktsvärde tas därför hänsyn till markskrovligheten via strukturfunktionerna.

Fuktighet

Analys av fuktighet görs på liknande sätt som för temperatur och det är den relativa fuktigheten som analyseras.

3.2. Markfuktighetsmodell (HBV)

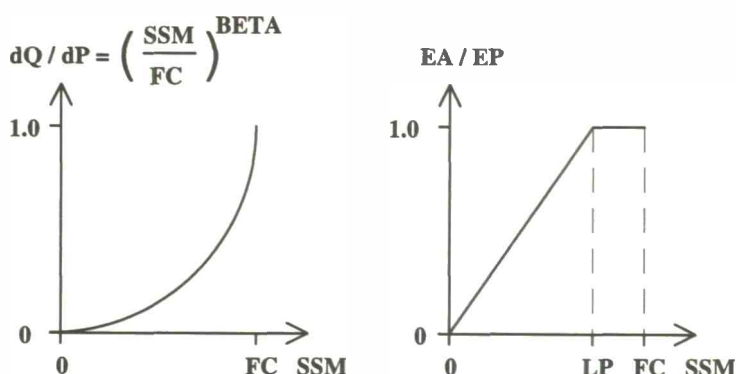
HBV-modellen (Bergström, 1976 och 1992, Lindström m fl 1996) är en hydrologisk avrinningsmodell som utvecklats vid SMHI. Modellen är grunden för den hydrologiska prognos- och varningstjänsten och har använts operationellt i snart 20 år. Avrinningsmodellen beskriver översiktligt de viktigaste processerna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

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).



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.

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 denna vattenbalanskarta kalibreras dock inte modellen för varje station, utan regionala standardparametrar används i modellen.

De markfuktighetsberäkningar som används 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. Detta det övre markskiktets fuktighet visar sig vid jämförelse mot skogsbrandsstatistik bättre kunna beskriva brandriskens variation under året (Gardelin 1996). Under utvecklingen av brandriskmodellen kalibrerades modellen mot avrinningsserier för ett antal försöksområden. För de rikstäckande brandriskprognoserna som producerats under sommaren 1996 och 1997 har vattenbalanskartans standardparametrar utnyttjats, vilket innebär att den maximala magasineringen i det ytliga markskiktet fastställts till mellan 15 och 25 mm för olika regioner i landet. Potentiell avdunstning har i denna tillämpning beräknats ur lufttemperaturen enligt ovan.

Markfuktigheten anges i procent av den maximala vattenmagasineringen i ytskiktet, dvs sjunkande värden anger ökad uttorkning och ökande brandrisk.

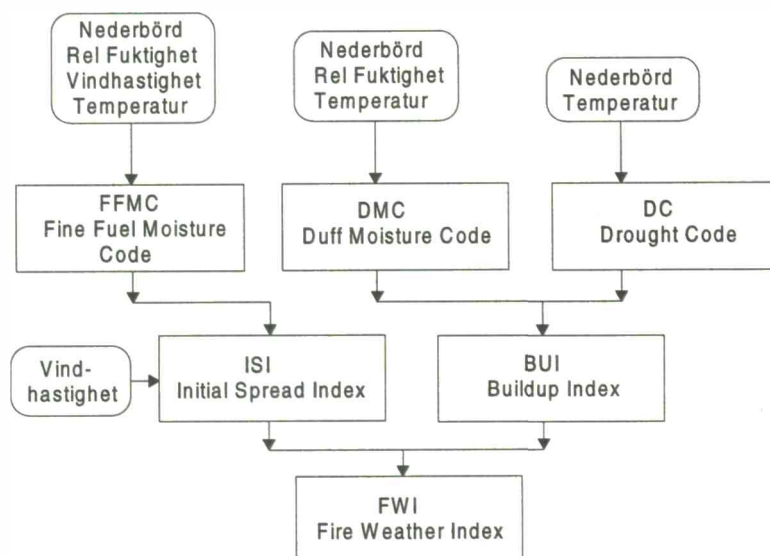
3.3. Kanadensisk brandriskmodell (FWI)

Den kanadensiska brandriskmodell som har 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). En utvärdering av modellens användning i Sverige har gjorts av Gardelin (1997).

Brandriskbedömningen i denna modell, som här kallats FWI-modellen, bygger på beräkning av tre grundvärden för fukthalter i olika skikt (se figur 3). Indata till beräkningen är dygnsnederbörden samt temperatur, relativ fuktighet och vindhastighet mitt på dagen.



Figur 3. FWI-systemets struktur. (Efter Van Wagner 1987.)

FFMC (Fine Fuel Moisture Code) representerar fuktigheten på blad och gräs. Den maximala vattenmagasineringsen 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. Magasineringsen 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 i Kanada under många års studier av fuktighet i olika markskikt. 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.

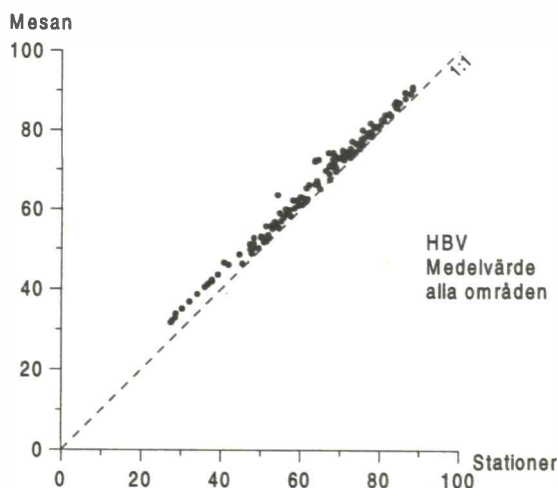
Brandriskvärdet (FWI) beräknas ur de tre grundvärdena med hjälp av två mellanindex kallade ISI och BUI. ISI (Initial Spread Index) beräknas ur FFMC och förstärks av vindhastigheten. ISI kan ses som ett mått på brändernas spridningshastighet och borde teoretiskt vara väl korrelerat till den nedbrunna 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.

4. Resultat

De brandriskvärden som erhållits ur analyserade meteorologiska indata har jämförts med värden erhållna ur enbart stationsdata, genom att medelvärdena för brandriskområdena beräknats för båda metoderna. Modellsimuleringar för perioden 1 maj - 30 september 1996 har tagits med i utvärderingen. Brandriskens variation inom brandriskområdena har studerats och några perioder i augusti månad har valts ut för detaljstudie och visas i kartform i avsnitt 4.1 och 4.2. Även indatas medelvärde för brandriskområdena har jämförts för de två metoderna och redovisas i avsnitt 4.3 - 4.6.

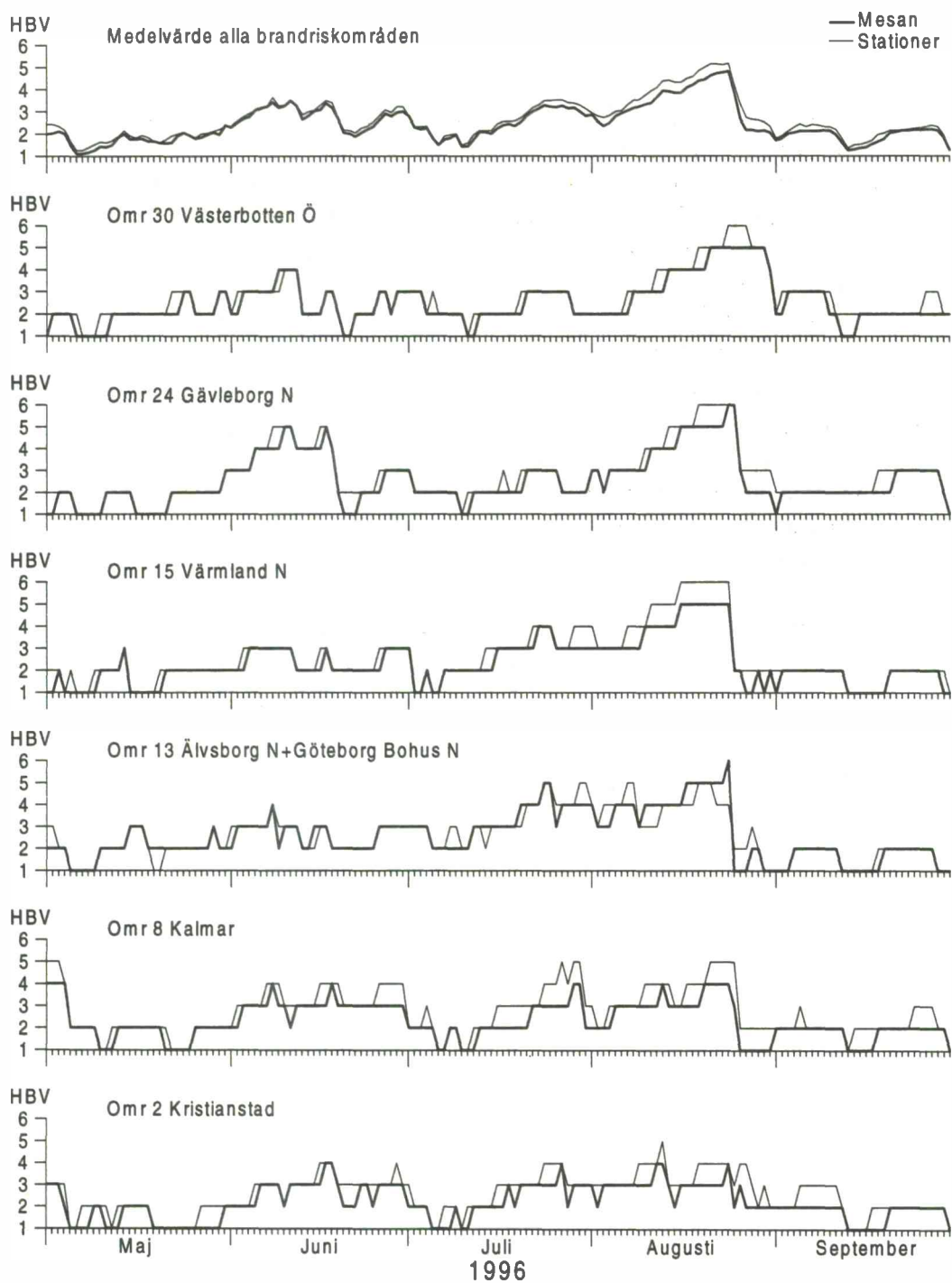
4.1. HBV-modellen

De sammantagna markfuktighetsvärdena för brandriskområdena ligger i allmänhet något högre för värden baserade på MESAN-data jämfört med stationsdata. Skillnaden är i medeltal för alla brandriskområden mindre än 5 procentenheter (se figur 4). Detta innebär att brandriskindex i medeltal ligger ca 0,2 index-nivåer lägre för MESAN-värdena.



Figur 4. Jämförelse mellan modellberäknade dygnsvärden på markfuktighet (angiven som % av FC) baserade på indata från meteorologiska stationer resp MESAN. Medelvärden för alla 34 brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september.

Skillnaden är störst för låga markfuktighetsvärden, dvs vid hög brandrisk. För den torra augustimånaden skiljer index-värdena i medeltal ca 0,4 enheter, medan skillnaden är endast ca 0,15 enheter under övriga månader. Figur 5 visar brandriskindex som medelvärde för alla brandriskområden och för ett urval av brandriskområden. I de enskilda områdena skiljer sig brandriskindexen som mest två index-nivåer under enstaka korta perioder. I övrigt skiljer sig indexen baserat på MESAN-data endast en nivå från index baserat på stationsdata.

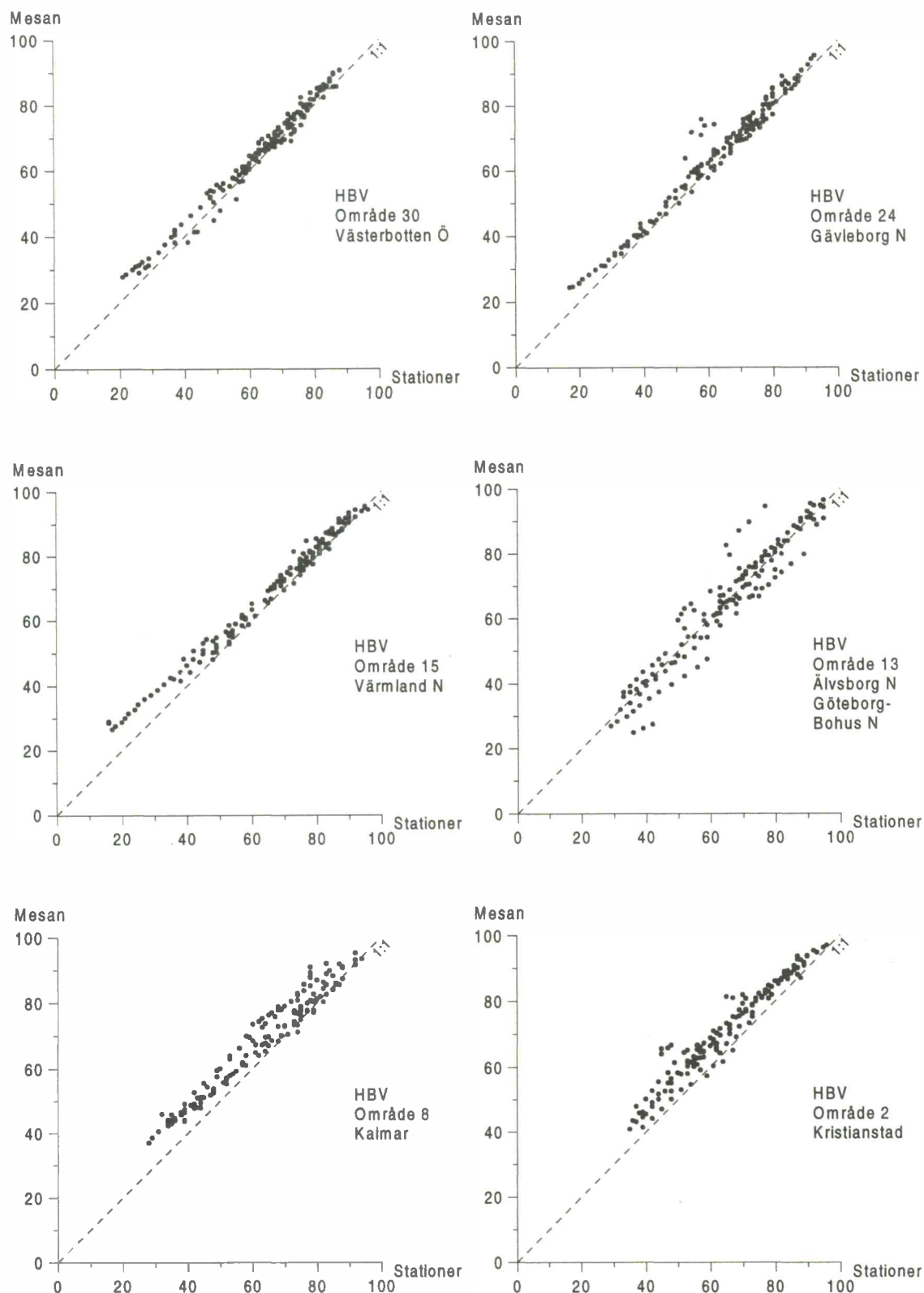


Figur 5. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen baserat på indata från meteorologiska stationer resp MESAN. Urval av 6 brandriskområden samt medelvärde för alla brandriskområden (överst) för perioden 1 maj - 30 september 1996.

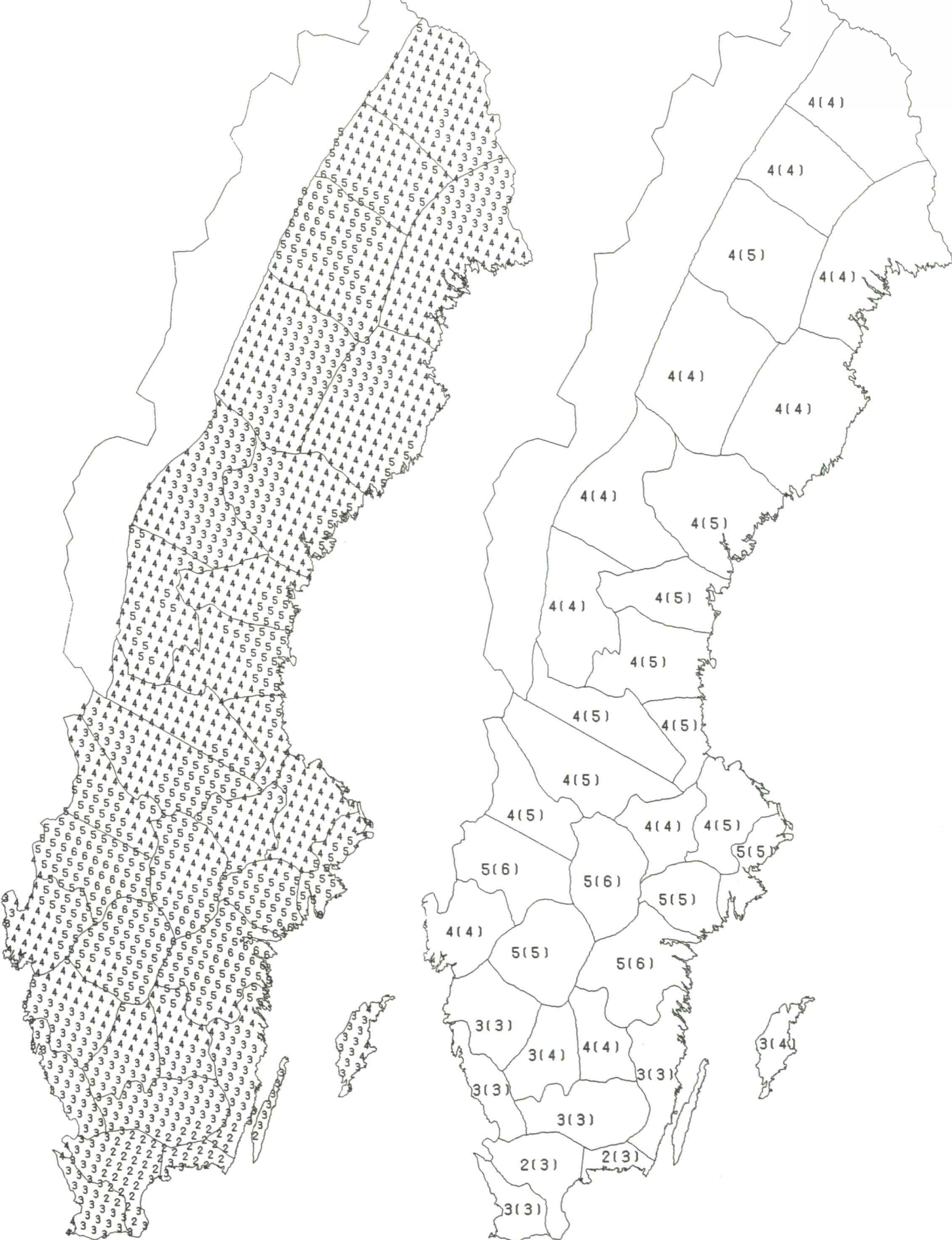
Av de utvalda brandriskområdena är skillnaden mellan markfuktighetsvärdena som baserats på MESAN-data respektive stationsdata störst i de sydligaste områdena (se figur 6). Spridningen av resultaten under säsongens olika dagar är även större i södra Sverige än i norra.

Figur 7-14 visar kartor med brandriskvärden baserade på MESAN-data och motsvarande värden beräknade som medelvärden för brandriskområdena utgående från MESAN respektive stationer. Figur 7-9 visar perioden 15-17 augusti med låga brandriskvärden i söder och en mjuk övergång till högre brandriskvärden i ett stadigt växande område i Mellansverige. Som jämförelse kan nämnas att FWI-modellen under denna period ger betydligt lägre värden och från dag till dag skiftande områden med högre brandrisk (se figur 18-20).

Perioden 22-26 augusti (figur 10-14) inleds i HBV-modellen med mycket höga värden i stora delar av landet, som i slutet av perioden snabbt går ner, när ett regnområde kommer in över landet från sydväst. I Norrbotten och Västerbotten bibehålls de höga brandriskvärdena till periodens slut. Stora skillnader inom brandriskområdet förekommer under hela perioden i t ex Kalmar län (mellan index 3 och 6). I Skaraborgs län förekommer, under några dagar vid väderomslaget, alla brandriskindex på skalan mellan 1 och 6. Motsvarande medelvärde för området är 3 för MESAN-data och 2 för stationsdata.



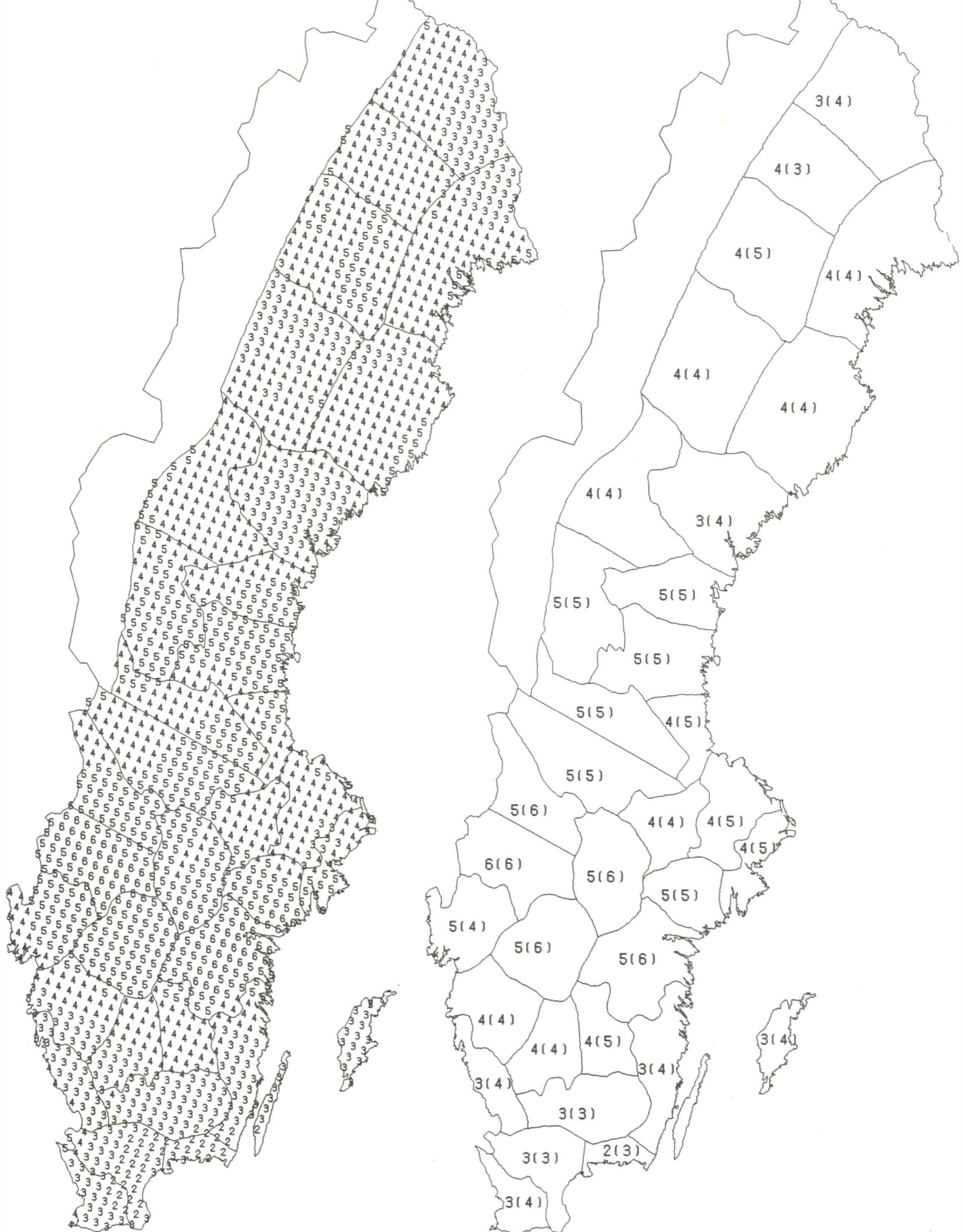
Figur 6. Jämförelse mellan modellberäknade dygnsvärden på markfuktighet (angiven som % av FC) baserade på indata från meteorologiska stationer resp MESAN. Medelvärden för ett urval av 6 brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996.



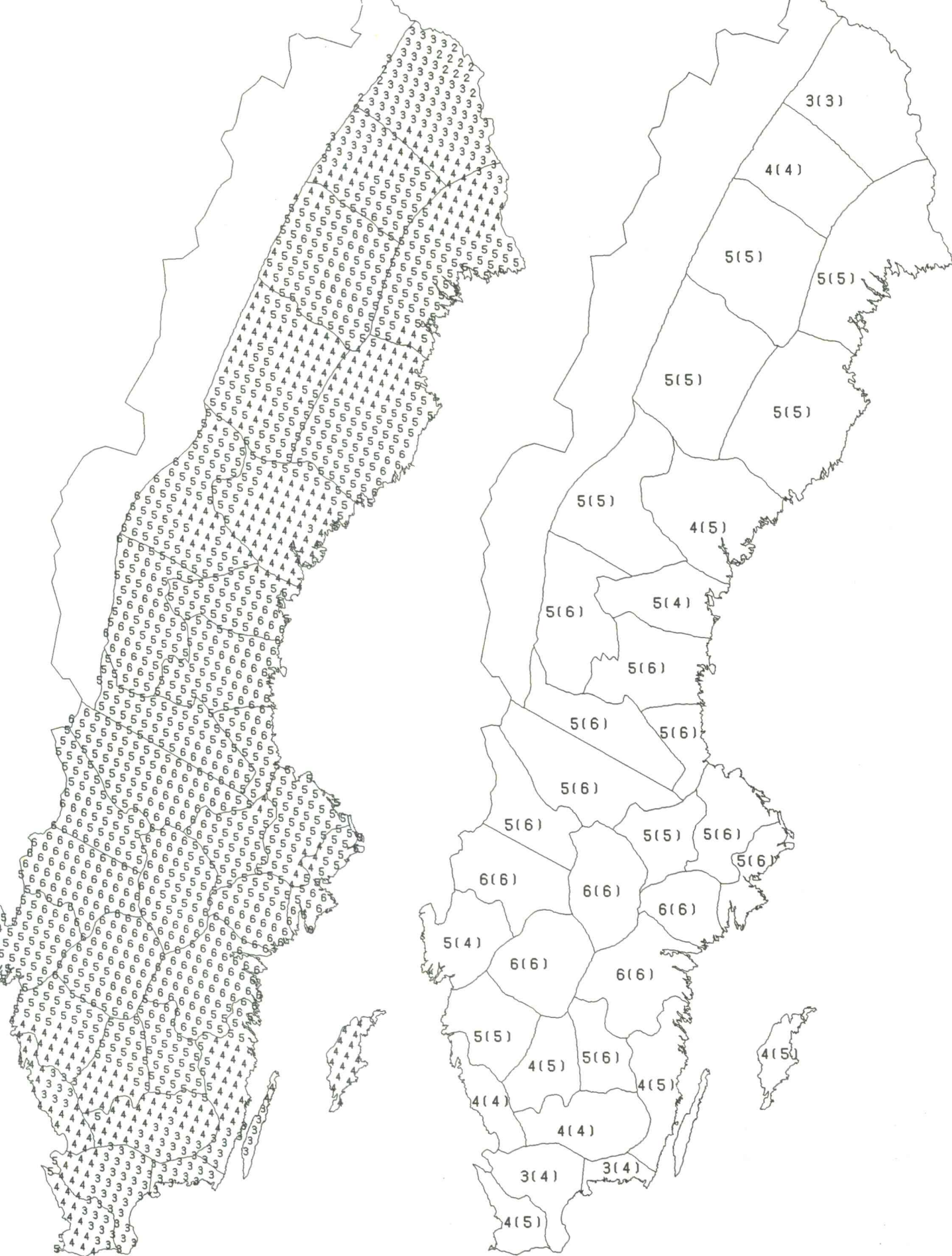
Figur 7. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen gällande 15 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



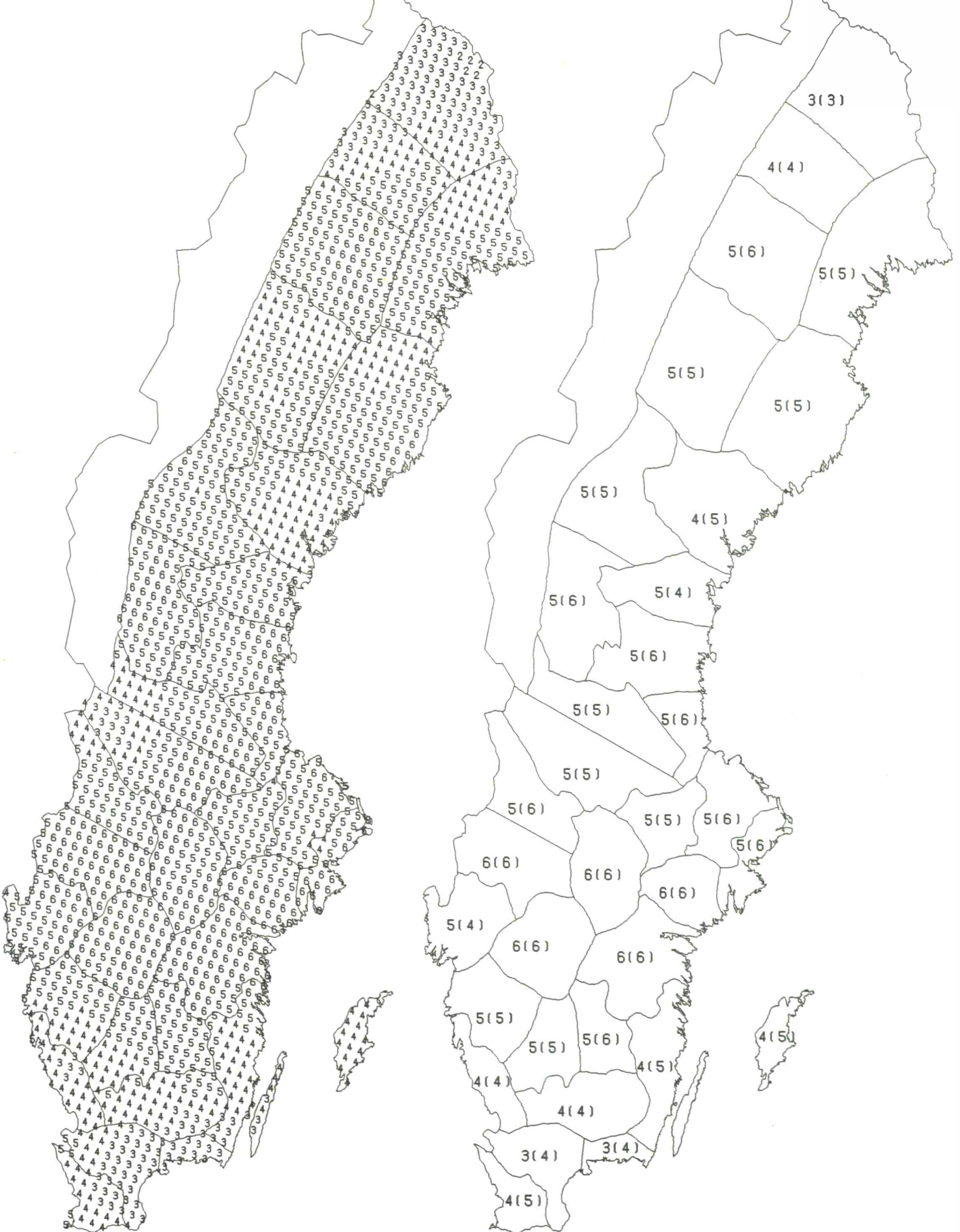
Figur 8. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen gällande 16 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



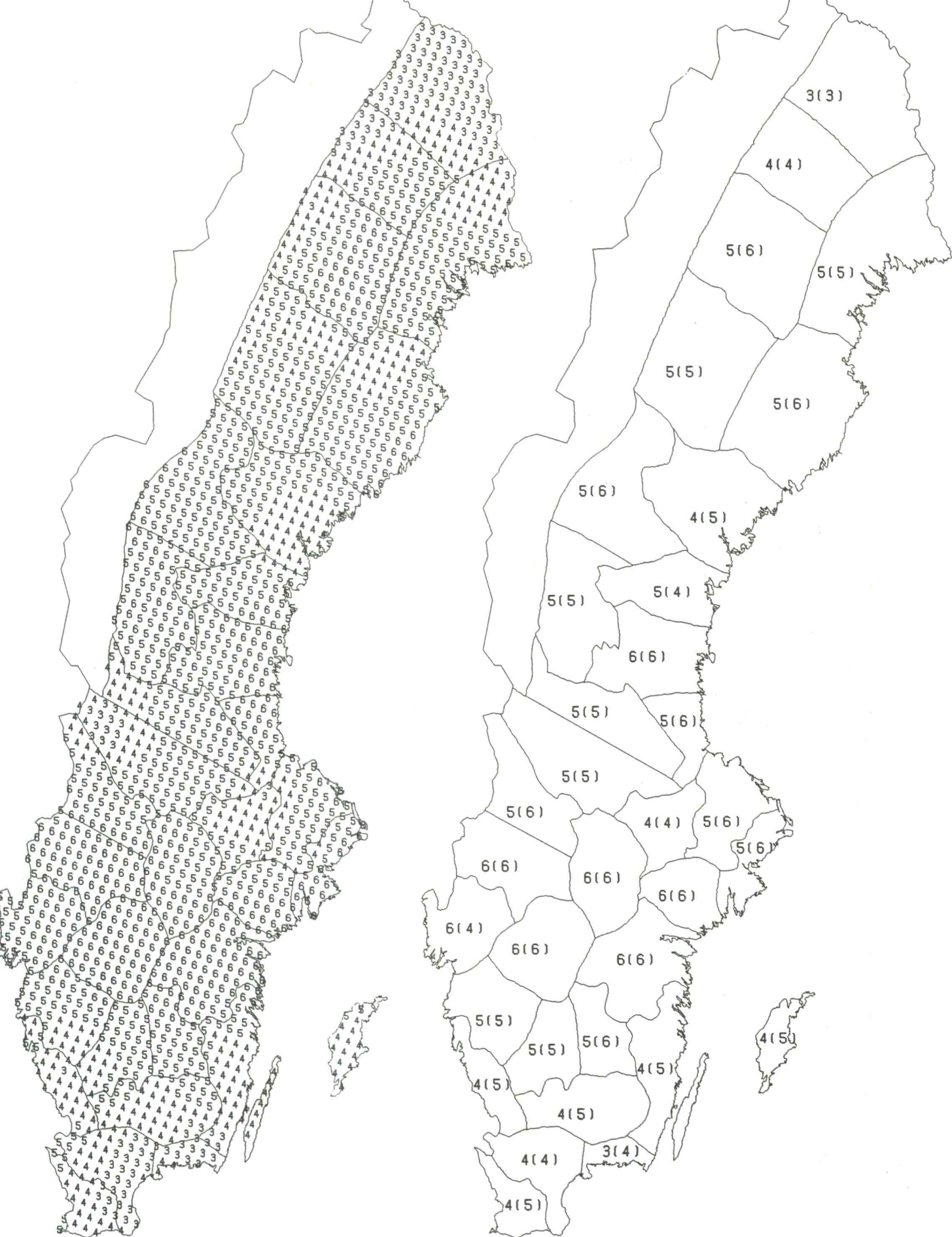
Figur 9. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen gällande 17 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



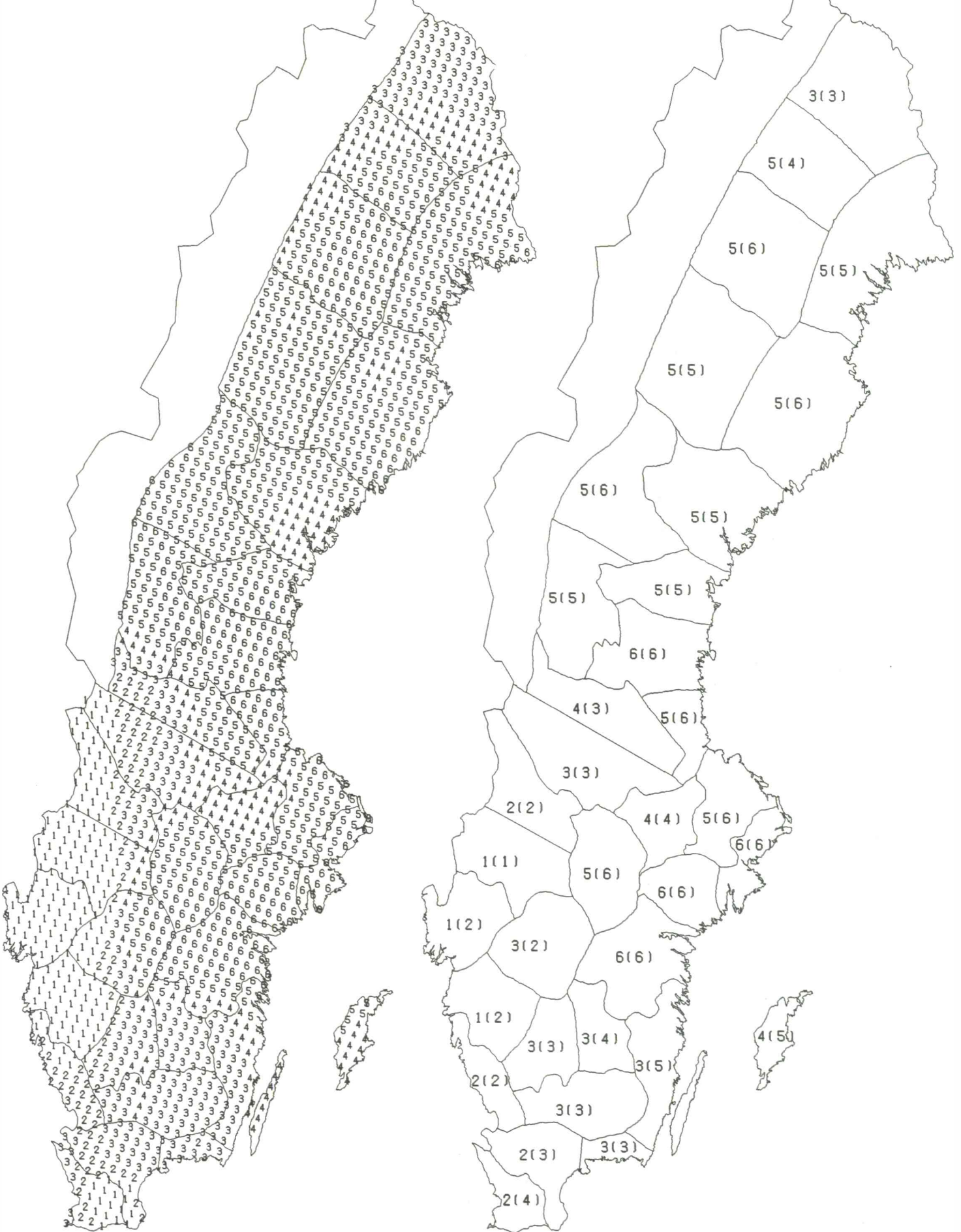
Figur 10. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen gällande 22 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



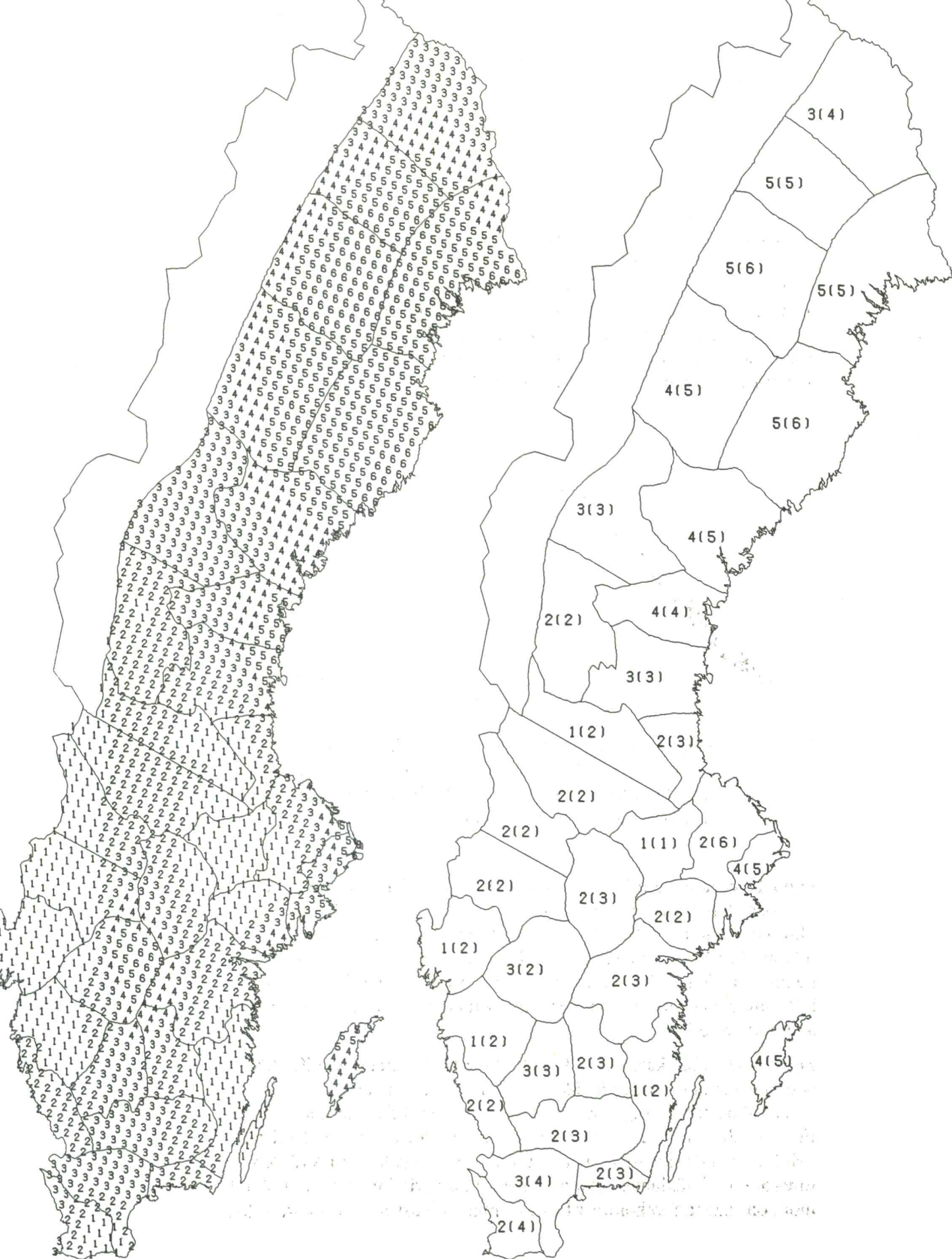
Figur 11. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen gällande 23 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



Figur 12. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen gällande 24 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



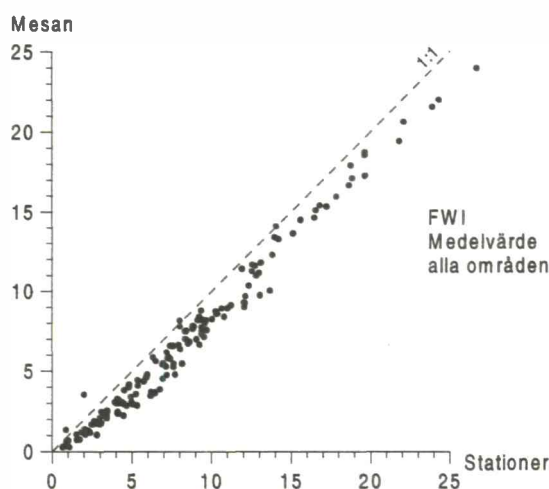
Figur 13. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen gällande 25 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



Figur 14. Brandriskindex beräknade med HBV-modellen gällande 26 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.

4.2. FWI-modellen

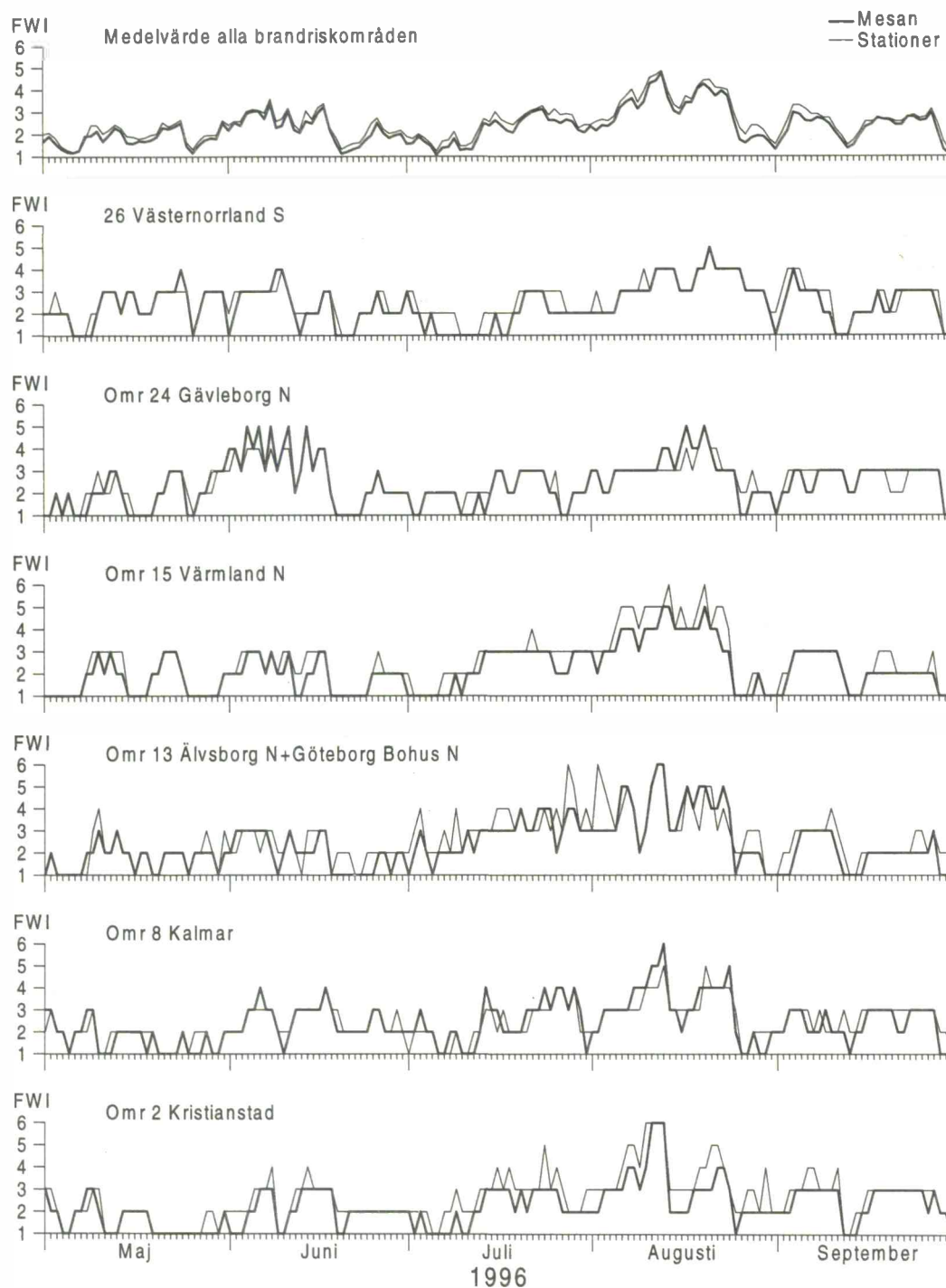
Även FWI-modellen ger något lägre brandriskvärden då beräkningarna baseras på MESAN-data jämfört med beräkningar från stationsdata (se figur 15). Brandriskindex ligger drygt 0,2 enheter lägre för MESAN-data än för stationsdata, och skillnaden är mer konstant under säsongen än motsvarande skillnad för HBV-modellen. Störst är skillnaden i augusti månad (0,3 enheter) och juli månad (0,25 enheter), medan skillnaden under övriga månader är ca 0,2 enheter. Figur 16 visar brandriskindex som medelvärde för alla brandriskområden och för ett urval av brandriskområden. Vid enstaka tillfällen skiljer sig brandriskvärden baserade på MESAN-data två och även tre indexnivåer från värdena baserade på stationsdata.



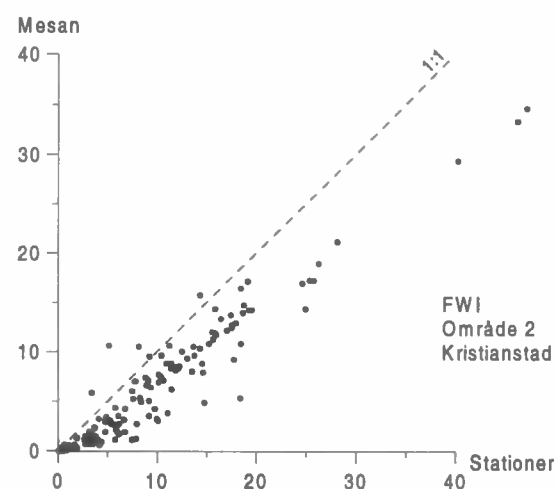
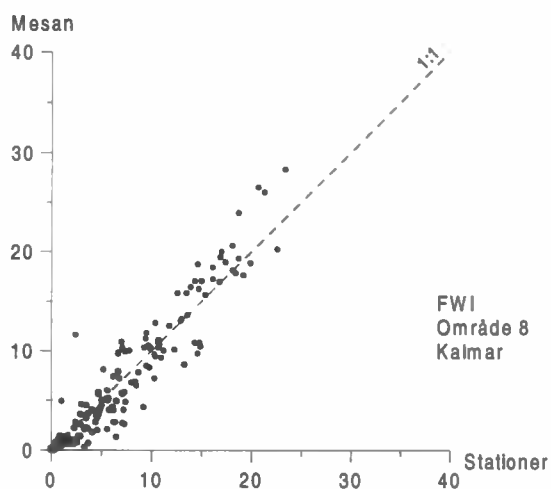
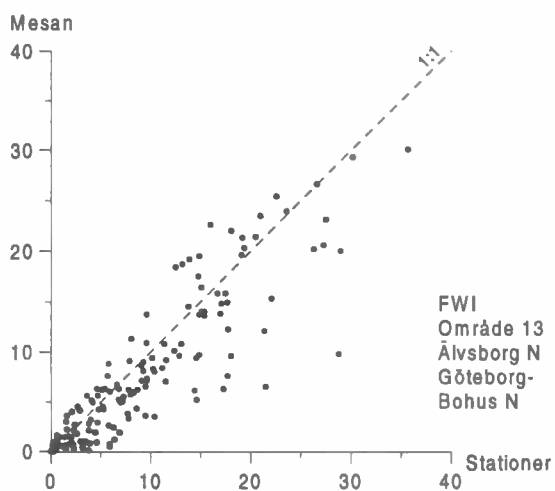
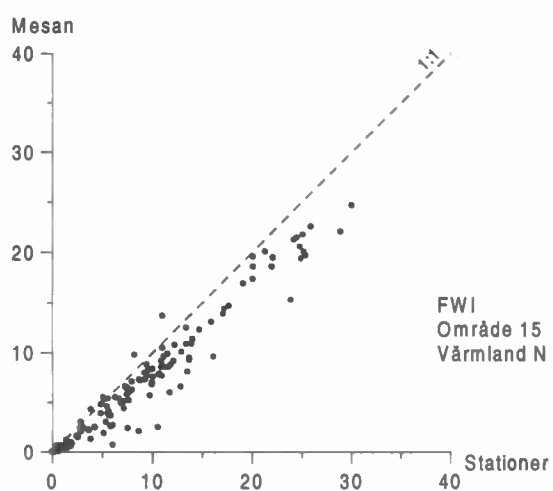
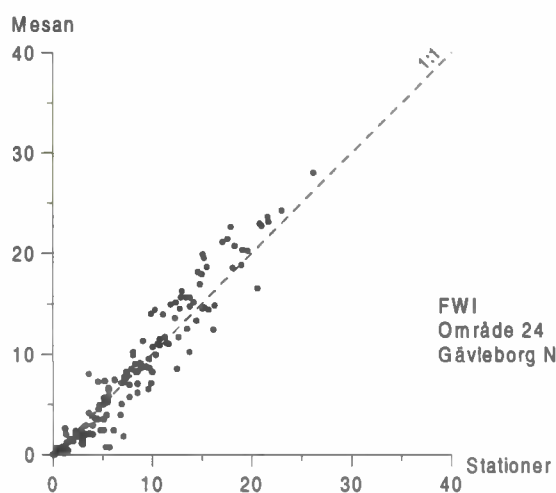
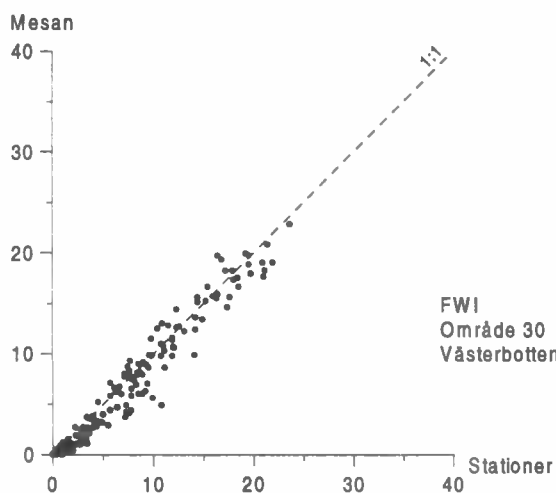
Figur 15. Jämförelse mellan modellberäknade dygnsvärden för FWI baserade på indata från meteorologiska stationer resp MESAN. Medelvärden för alla 34 brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september.

Figur 17 visar en jämförelse mellan FWI-värden baserade på MESAN-data och stationsdata för ett urval av brandriskområden i landet. Skillnaden mellan MESAN-data och stationsdata varierar mer från dag till dag för FWI-modellen än för HBV-modellen, dvs spridningen av punkterna i figur 17 är större än i figur 6. Skillnaden är liksom för HBV-modellen större i södra Sverige och här är även spridningen större än i norra Sverige.

Figur 18-25 visar kartor med brandriskvärden baserade på MESAN-data och motsvarande värden beräknade som medelvärden för brandriskområdena utgående från MESAN respektive stationer. Figur 18-20 visar perioden 15-17 augusti, då större delen av landet har måttliga brandriskvärden, men områden med höga brandriskvärden förekommer i växlande delar av landet. Stor variation av brandriskindex inom områdena förekommer t ex i Kalmar och östra Västerbottens län.



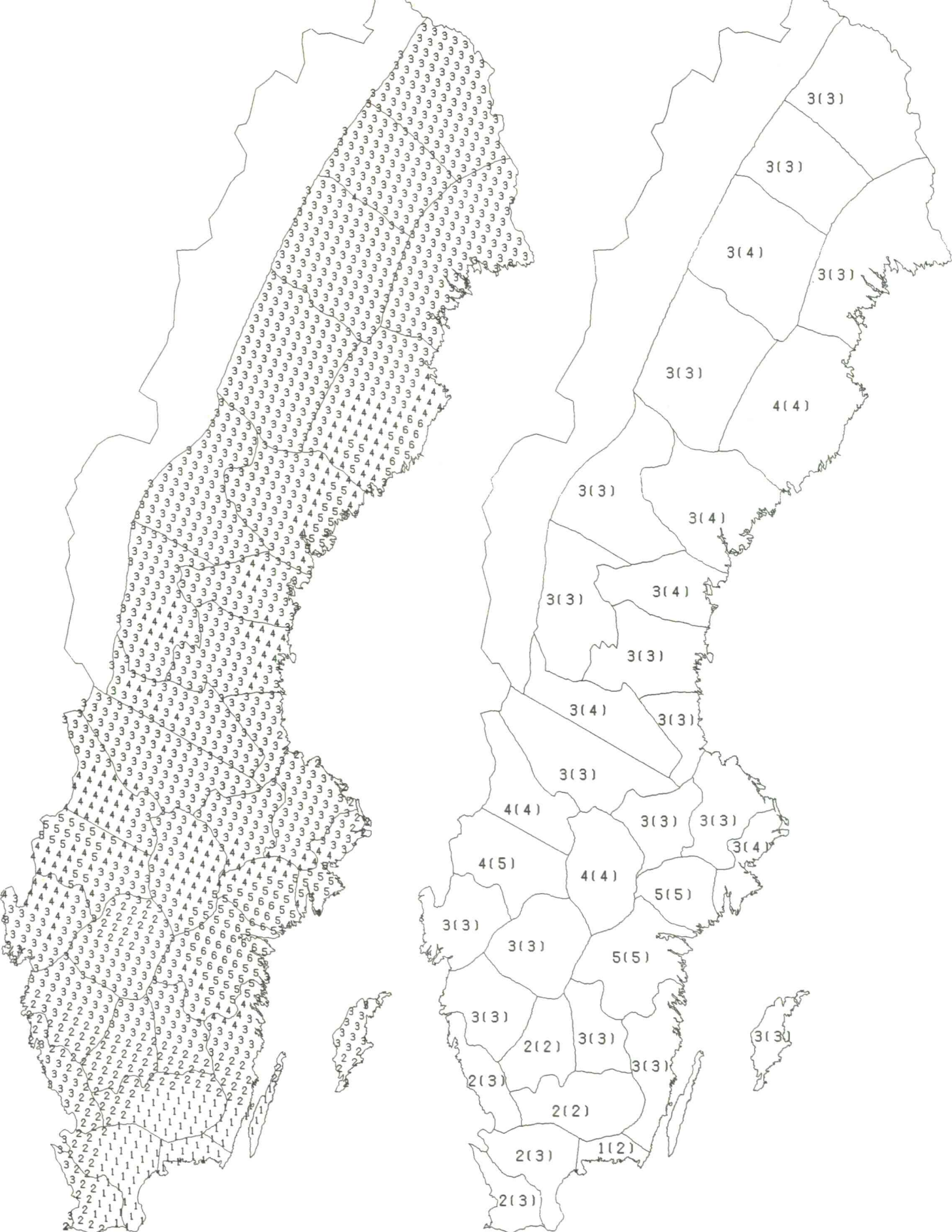
Figur 16. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen baserat på indata från meteorologiska stationer resp MESAN. Urval av 6 brandriskområden samt medelvärde för alla brandriskområden (överst) för perioden 1 maj - 30 september 1996.



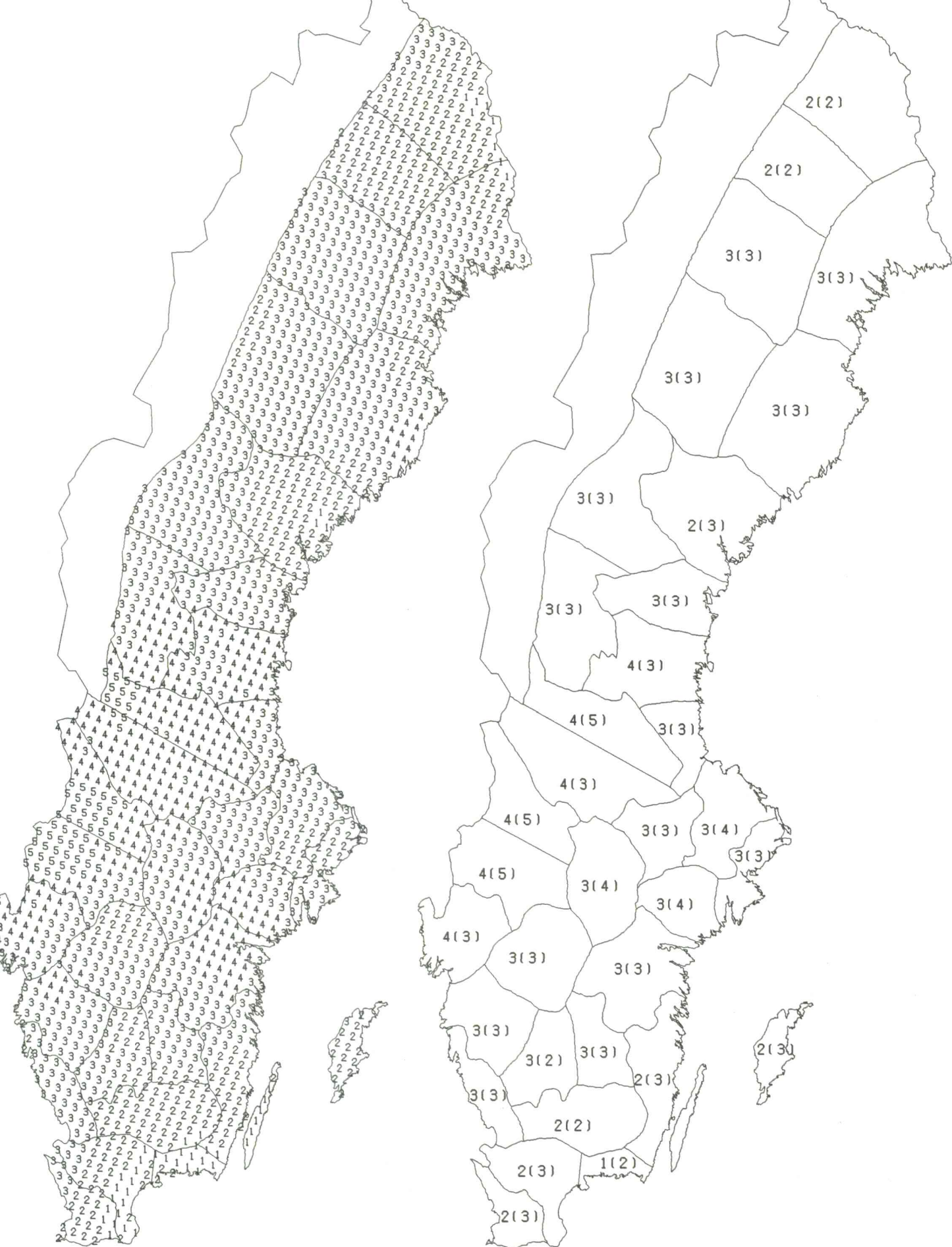
Figur 17. Jämförelse mellan modellberäknade dygnsvärden för FWI baserade på indata från meteorologiska stationer resp MESAN. Medelvärden för ett urval av 6 brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996.

Perioden 22-26 augusti (figur 21-25) inleds i FWI-modellen med betydligt lägre brandriskvärden än i HBV-modellen. Stora delar av södra Sverige har ännu inte nått upp till nivå 5, dvs mycket stor brandrisk. De högsta brandriskvärdena uppnås i södra Sverige i mitten av perioden. Vid övergången till lägre brandrisk i slutet av perioden, får även norra Sverige låga värden, vilket inte sker på motsvarande sätt i HBV-modellen. FWI-modellen ger en något mer splittrad bild av brandriskens ytmässiga utbredning än HBV-modellen. FWI-modellen ger fler osammanhängande fält och enskilda värden med hög brandrisk än HBV-modellen. Under perioden förekommer stora skillnader i brandrisknivåer inom områdena i t ex Kristianstad, Älvsborgs norra och Västerbottens läns östra del.

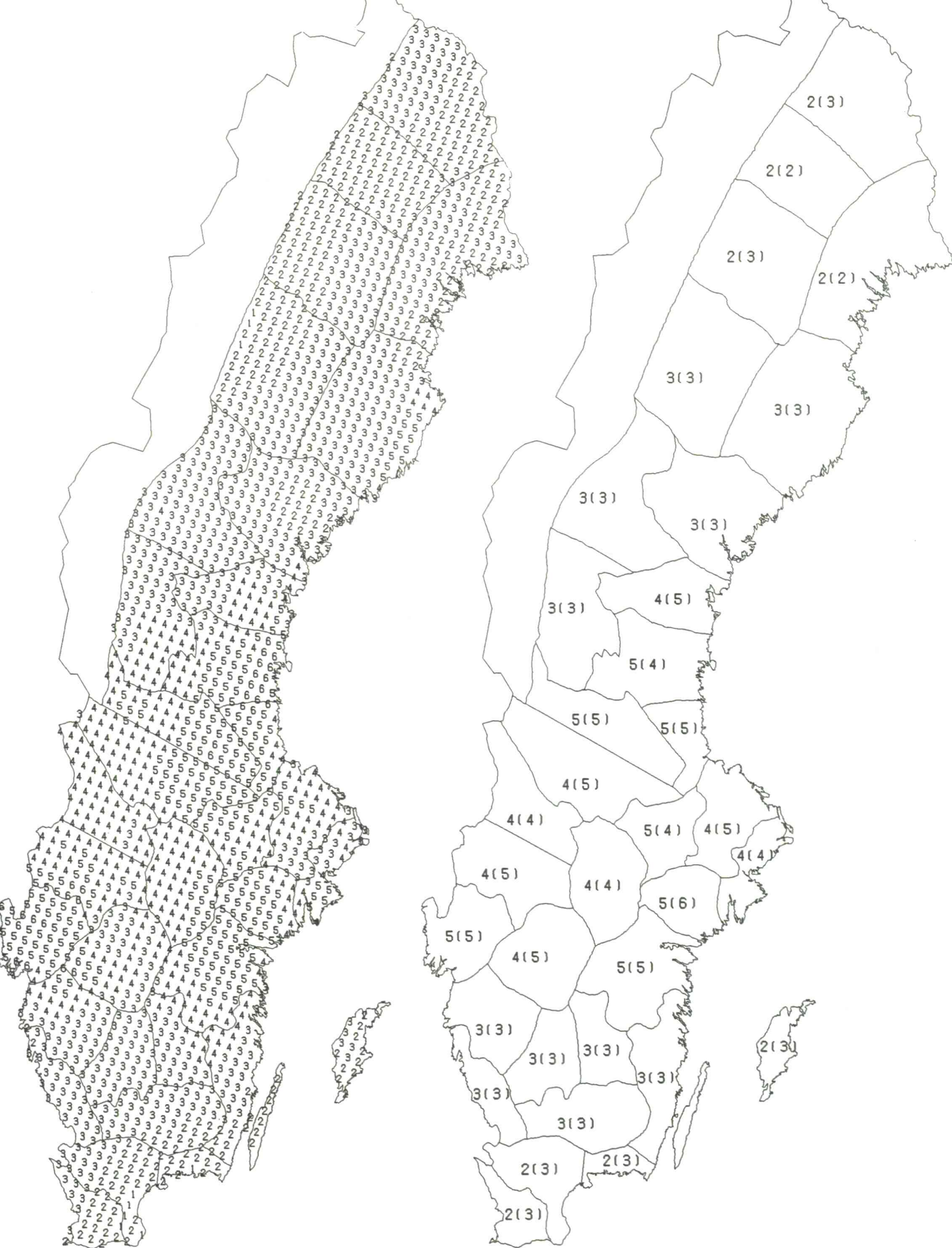
FWI-modellens brandriskindex sammanställs ur de två mellanindexen BUI och ISI. I medeltal över alla brandriskområden är skillnaden mycket liten mellan BUI-värden beräknade från MESAN-data respektive stationsdata (figur 26). ISI-värdena, vilka starkt beror av vindhastigheten, blir dock tydligt lägre (ca 0,8 enheter) när MESAN-data utnyttjas (figur 26). Figur 27 och 28 visar exempel på BUI och ISI-värden beräknade utgående från MESAN-data.



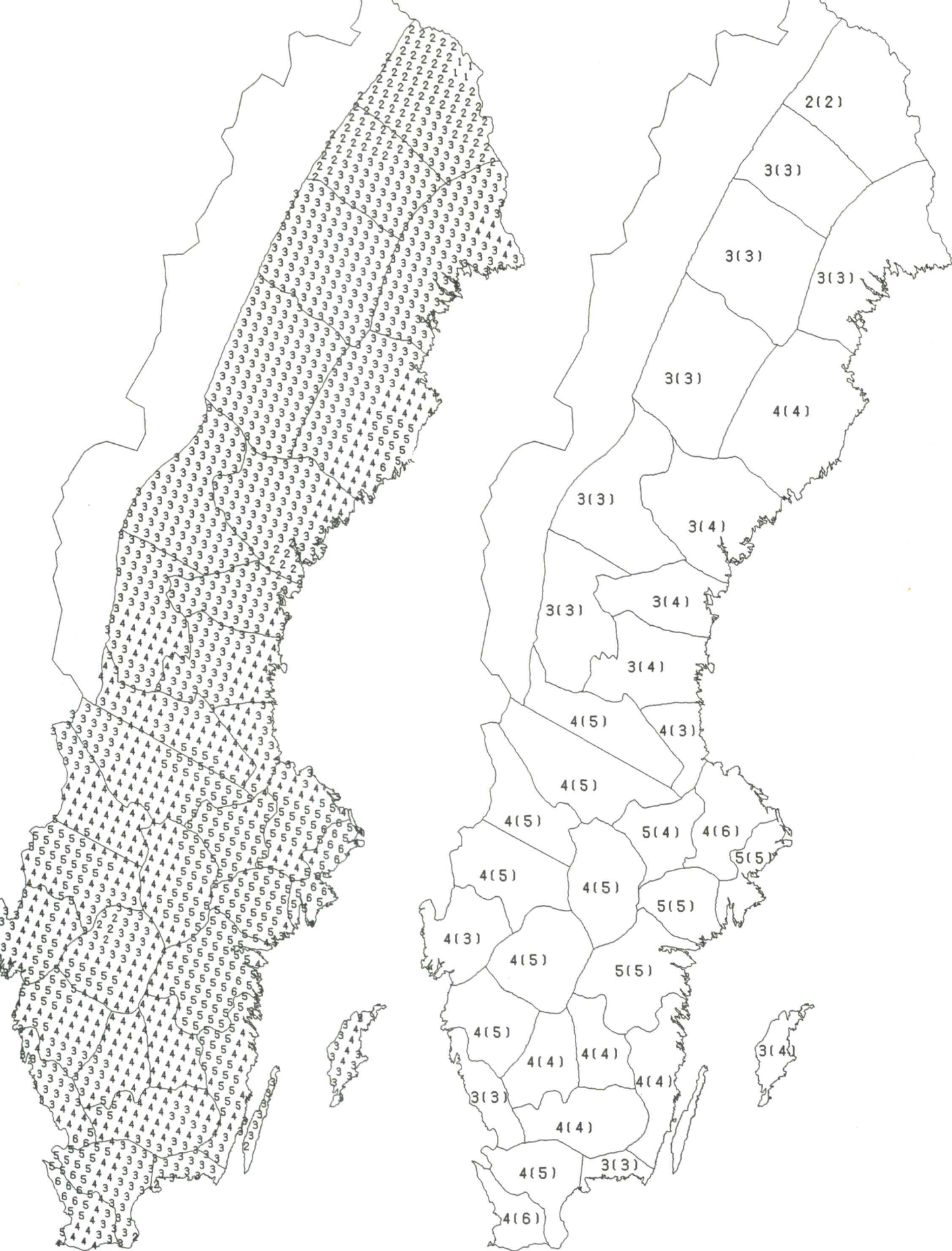
Figur 18. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen gällande 15 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



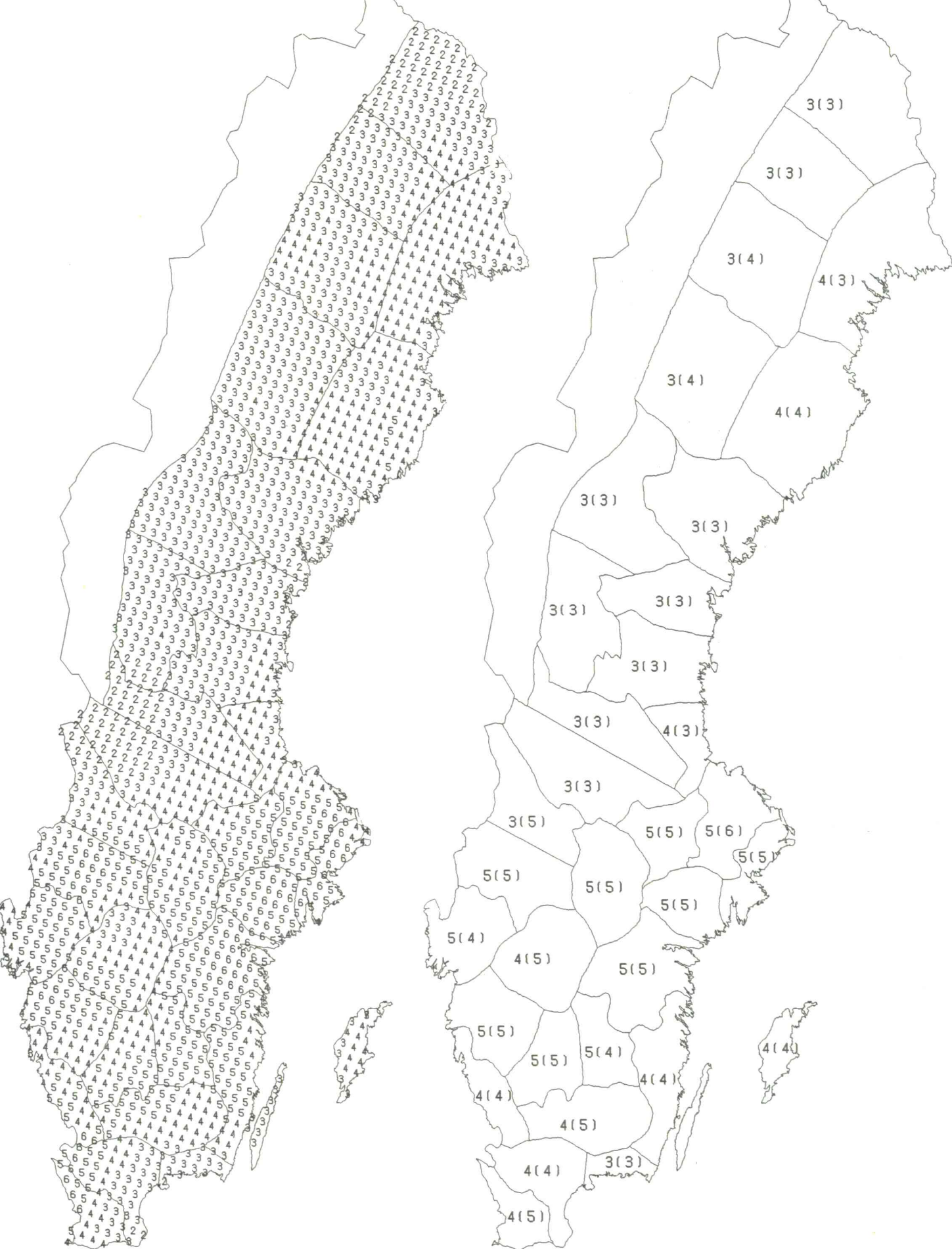
Figur 19. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen gällande 16 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



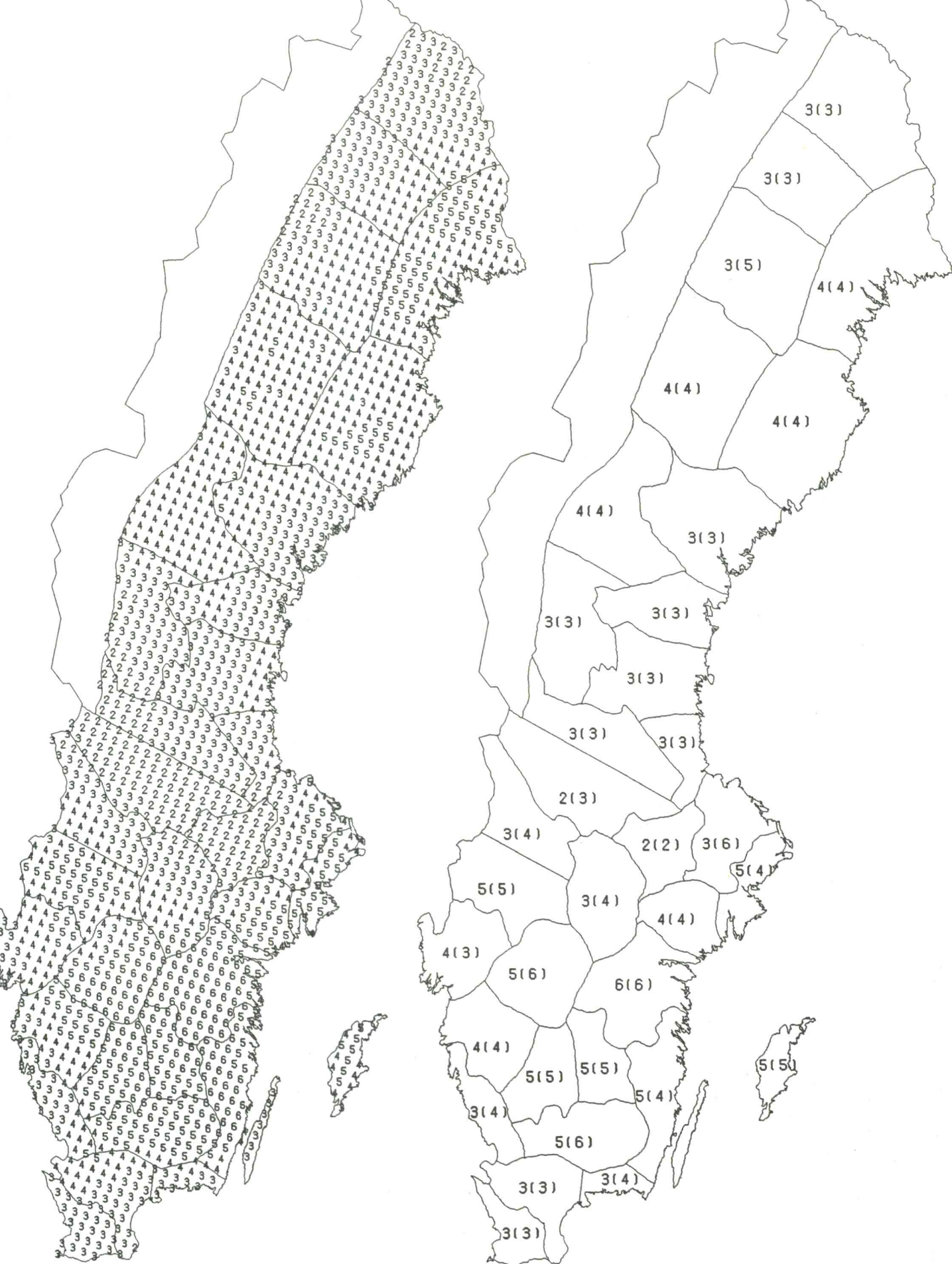
Figur 20. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen gällande 17 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



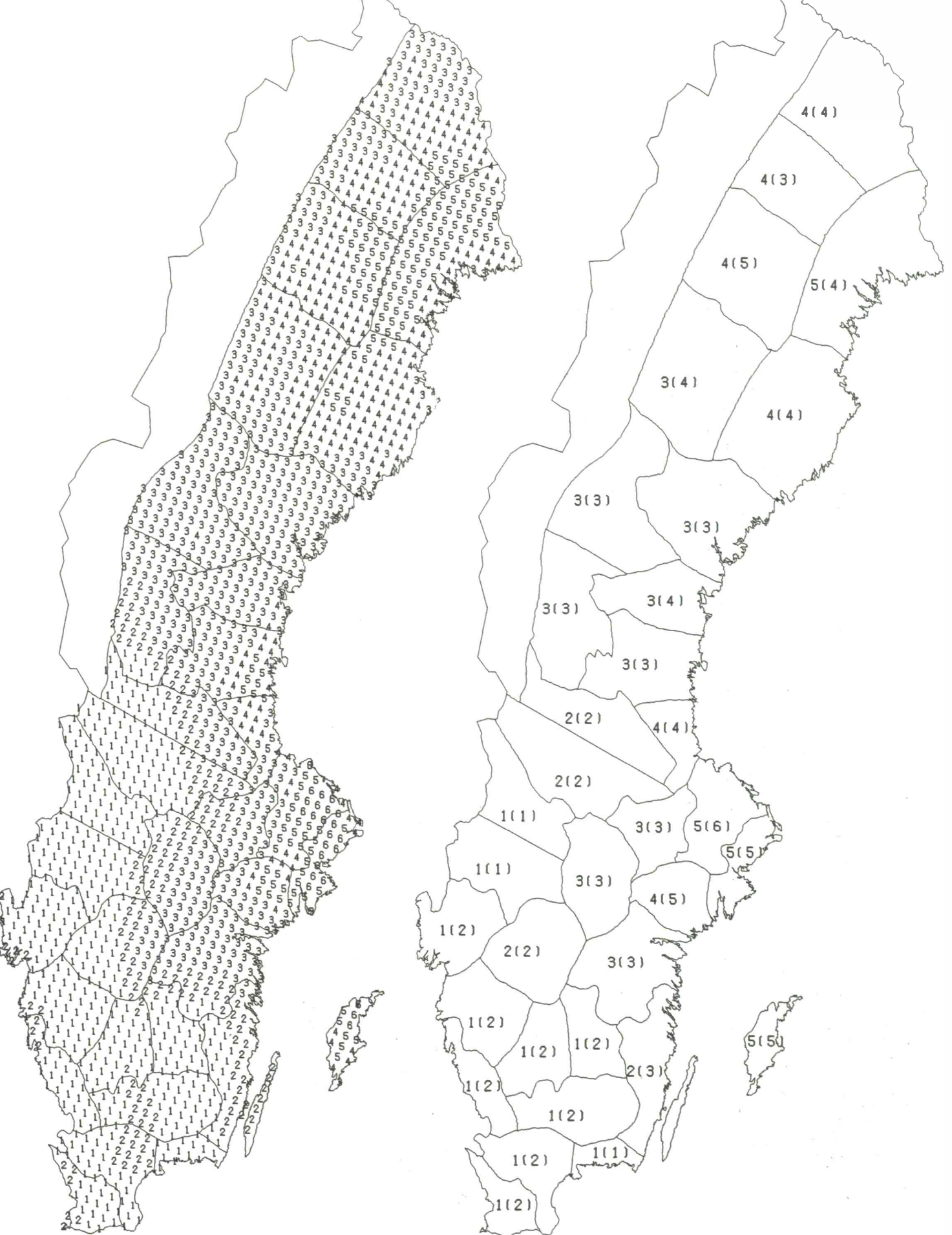
Figur 21. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen gällande 22 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



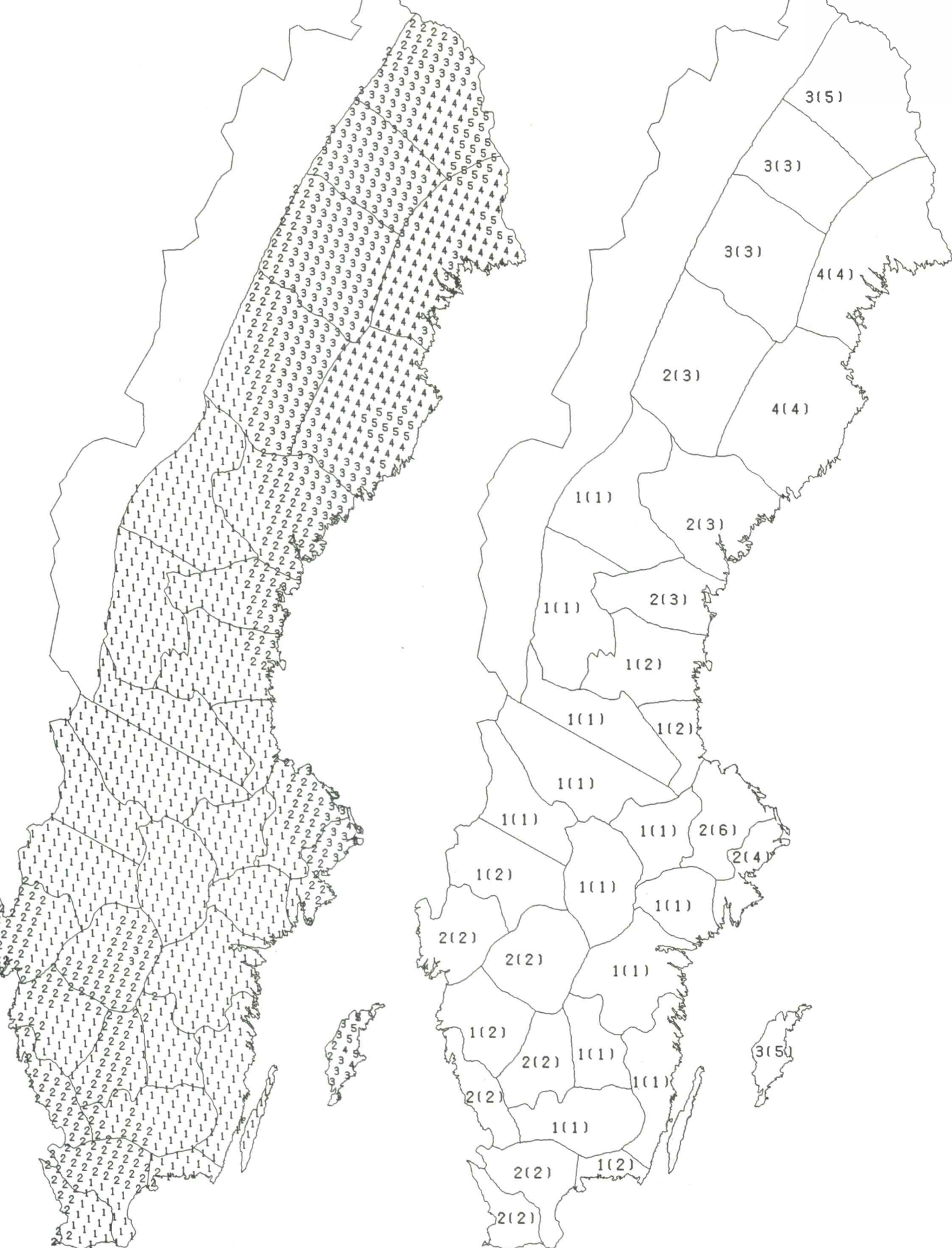
Figur 22. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen gällande 23 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



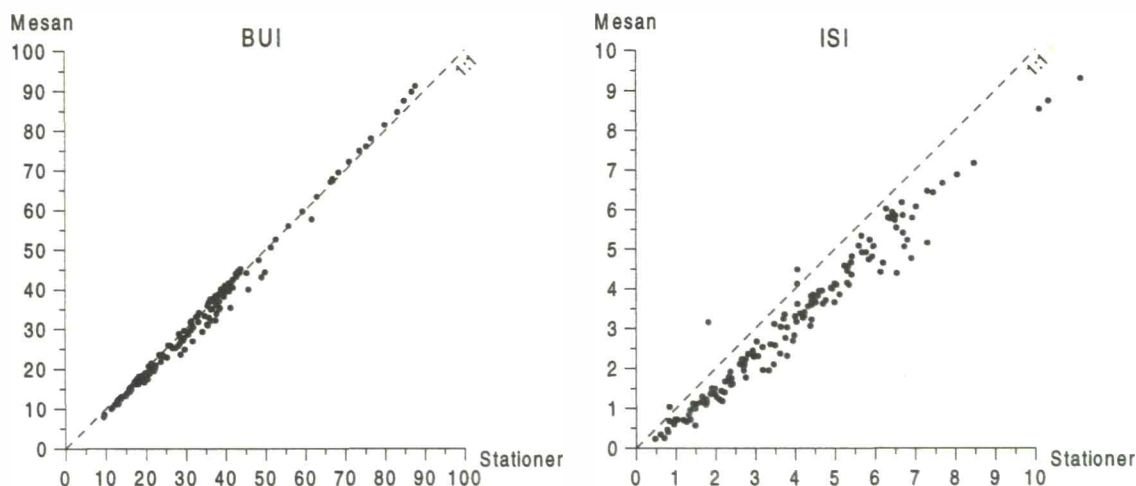
Figur 23. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen gällande 24 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



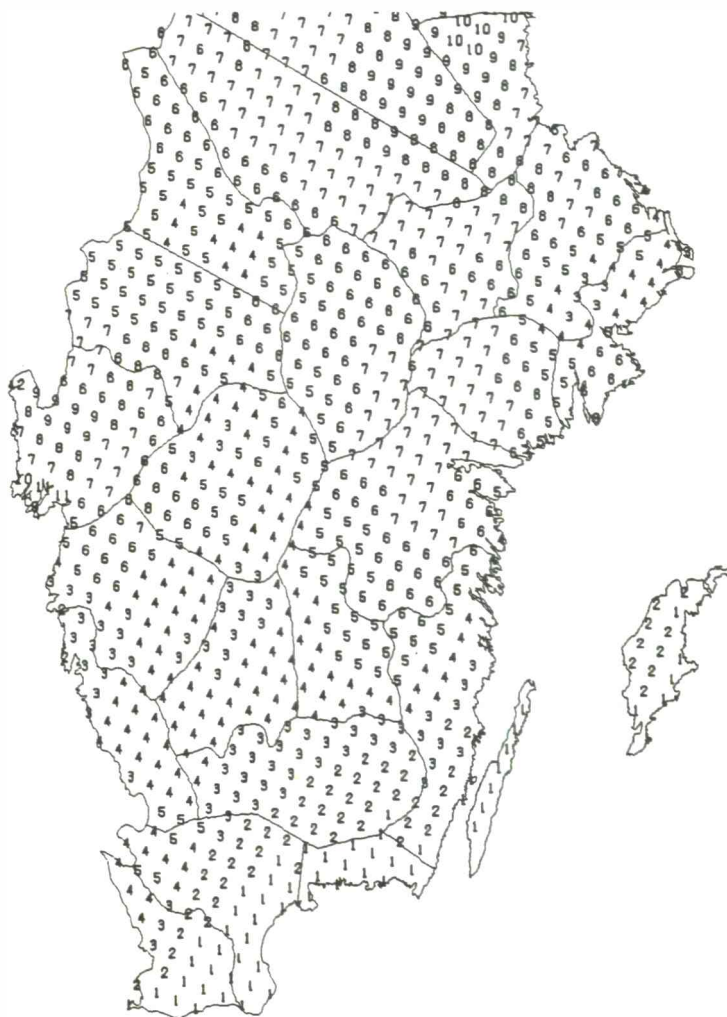
Figur 24. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen gällande 25 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



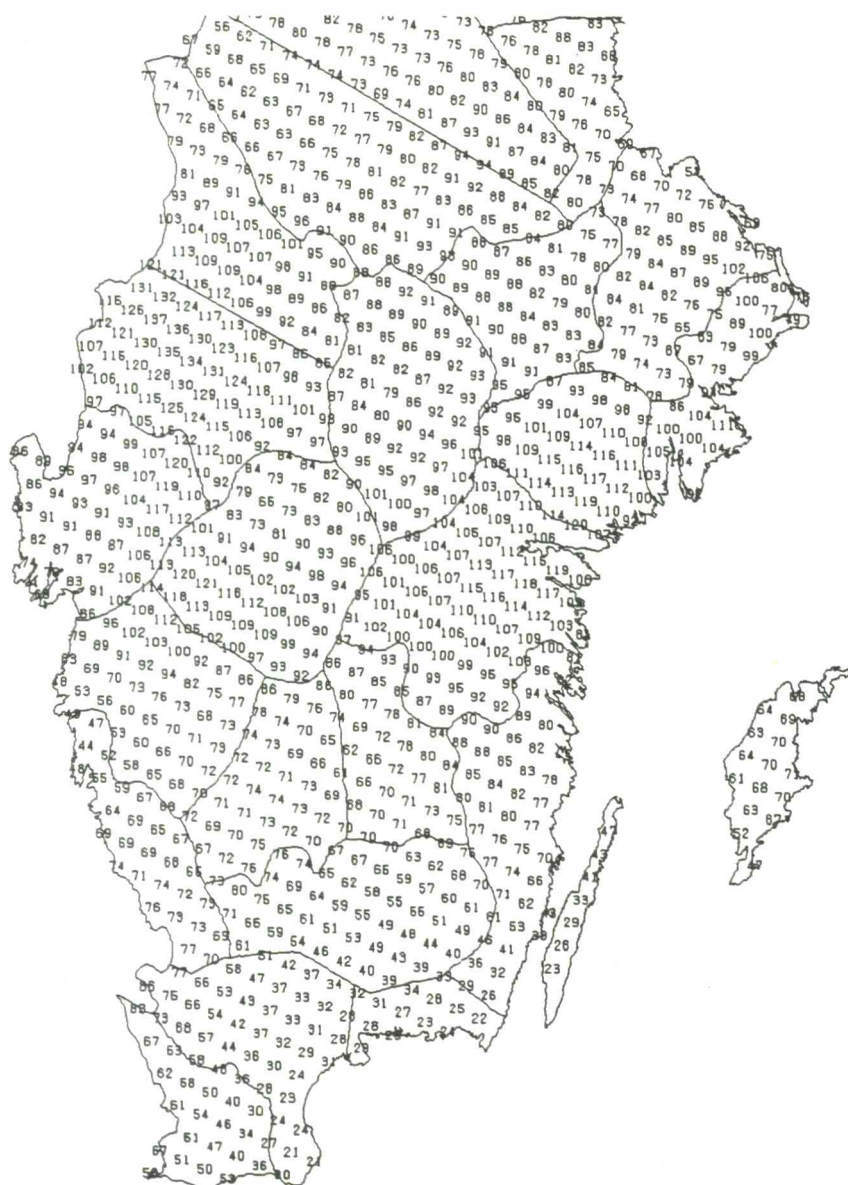
Figur 25. Brandriskindex beräknade med FWI-modellen gällande 26 augusti 1996. Till vänster: Indexvärden baserade på MESAN-data. Till höger: Motsvarande medelindexvärden för brandriskområdena samt (inom parentes) medelindex baserade på stationsdata.



Figur 26. Dygnsvärden av BUI (till vänster) och ISI (till höger) för perioden 1 maj - 30 september 1996 beräknat som medelvärde för alla brandriskområden baserat på indata från stationer resp MESAN.



Figur 27. ISI-värden beräknade för södra Sverige baserat på MESAN-data för den 17 augusti 1996.

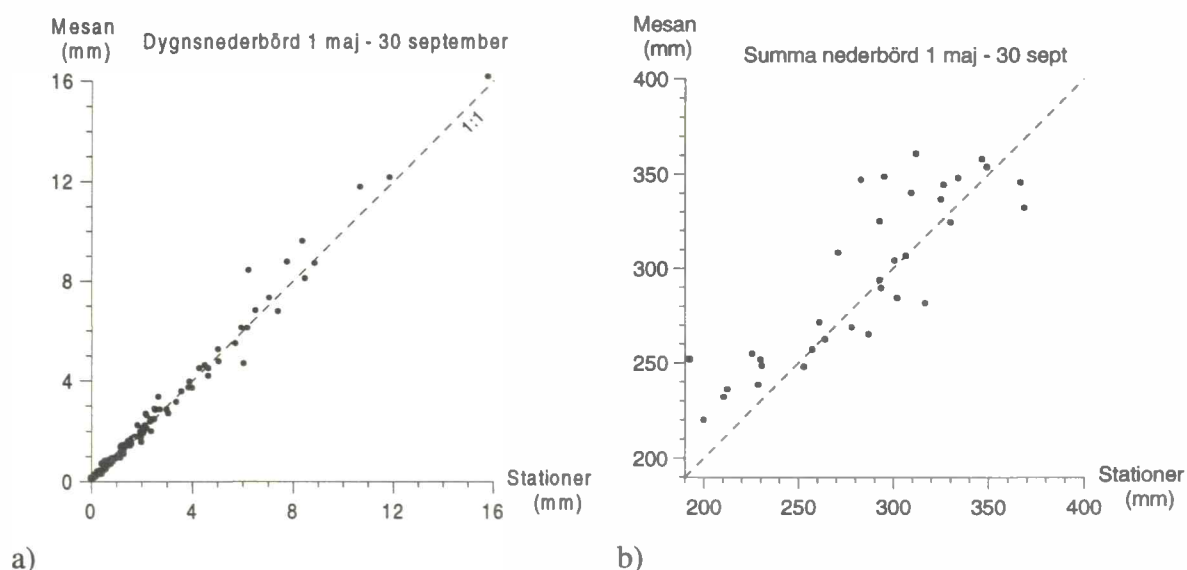


Figur 28. BUI-värden beräknade för södra Sverige baserat på MESAN-data för den 17 augusti 1996.

4.3. Nederbörd

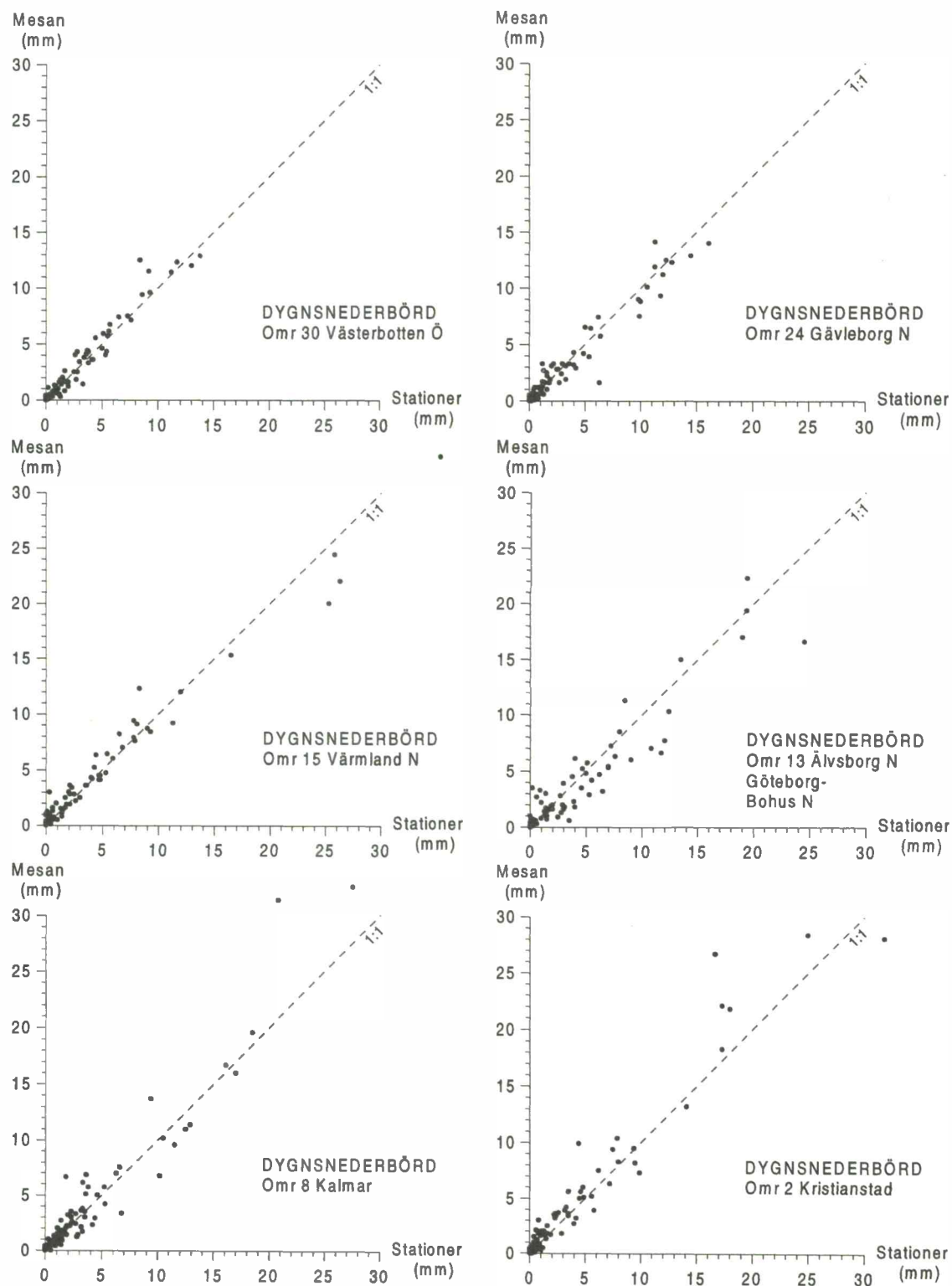
MESAN-datas dygnsnederbörd, beräknad som medelvärde över brandriskområdena, överensstämmer väl med motsvarande medelvärde från stationerna (figur 29a). För de större nederbördsmängderna, speciellt i södra Sverige, ger MESAN övervägande mer nederbörd än stationerna (se figur 30). MESAN-nederbörden översteg dock stationsnederbörden även under cirka 70 % av de dagar då nederbörden var under 5 mm. Denna andel dagar, då MESAN överstiger stationsdata för de små nederbördsmängderna, är lägre i södra Sverige än i norra Sverige.

Nederbördssumman under den studerade perioden är något högre för MESAN-data än för stationsdata för de flesta brandriskområden och även för landet som helhet (se figur 29 b). De brandriskområden där periodens nederbördssumma från mesan avviker mest från stationsnederbörden ligger i södra och mellersta Sverige. MESAN ger högst nederbörd i förhållande till stationsnederbörden i Malmöhus, Kristianstad, Älvsborgs och Uppsala län. Lägst nederbördssumma i förhållande till stationsdata erhålls i Skaraborgs, Jönköpings, Södermanlands och Kopparbergs län.



Figur 29. Jämförelse mellan nederbörd från stationsdata och från MESAN för perioden 1 maj - 30 september 1996.

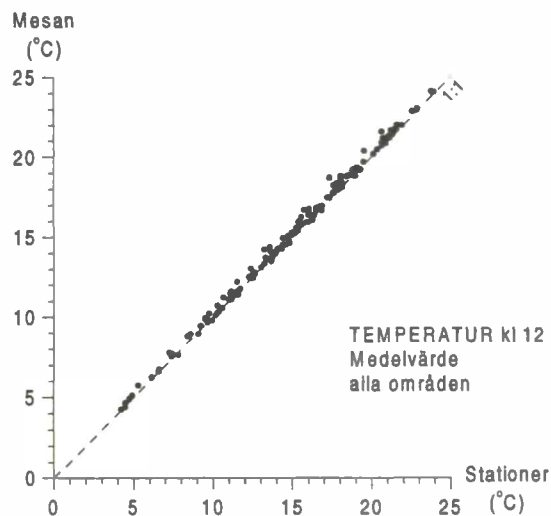
- a) Dygnsnederbörd (153 dygn) som medel för alla brandriskområden.
b) Periodens nederbördssumma för de 34 olika brandriskområdena.



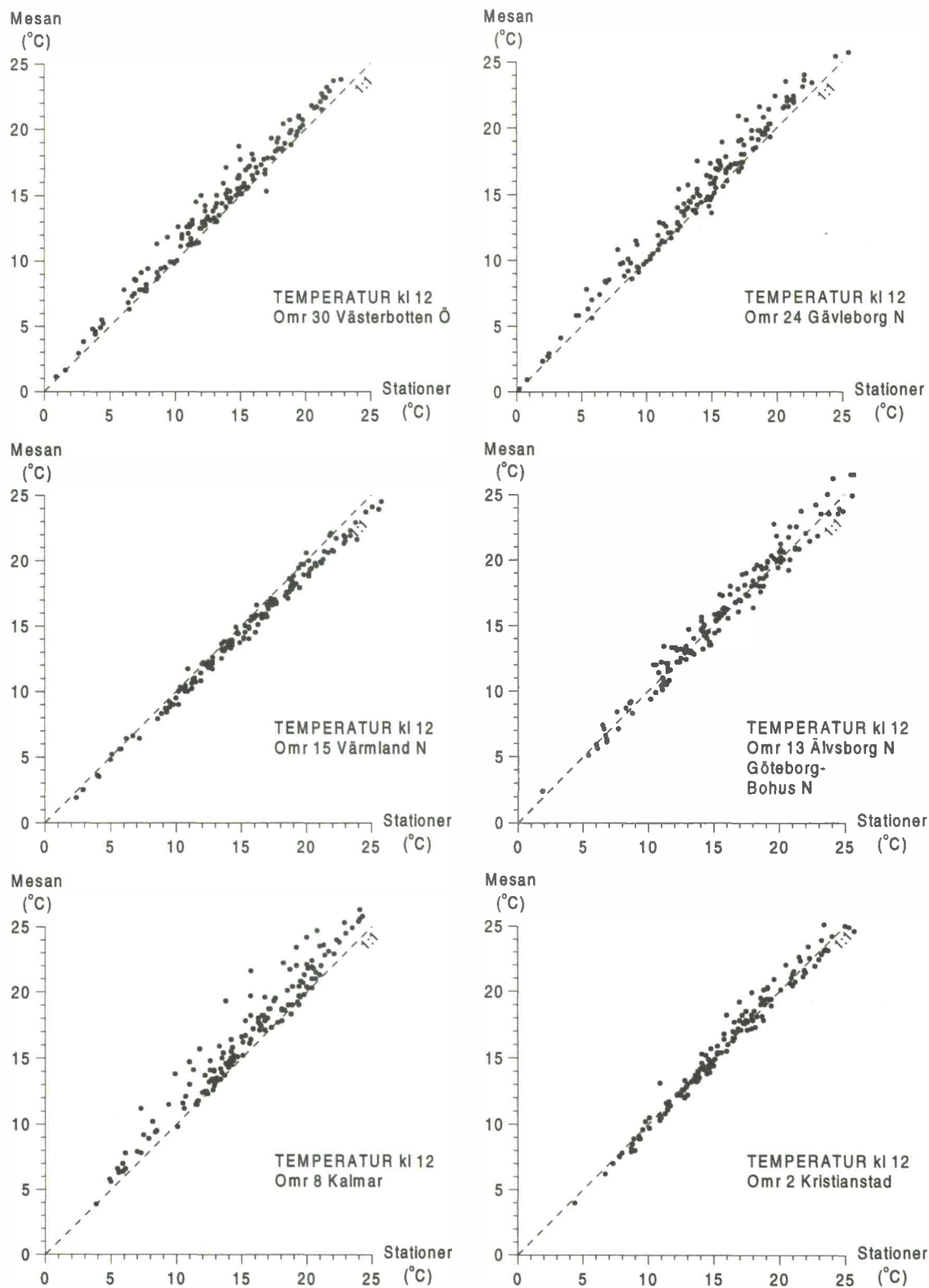
Figur 30. Jämförelse mellan dygnsnederbörd från stationsdata och från MESAN beräknat som medelvärde för 6 utvalda brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996. Markering saknas för område 13 den 25/8 då stationsnederbörden var 18 mm och MESAN-nederbörden var 54 mm.

4.4. Temperatur

Lufttemperaturen mitt på dagen, beräknad som medelvärde över brandriskområdena ur MESAN-data, överensstämmer väl med motsvarande värde från stationsdata (figur 31). Korrelationen mellan MESAN-data och stationsdata är hög för de flesta brandriskområden och inga tydliga tendenser till sämre korrelation i särskilda delar av landet har upptäckts. Figur 32 visar exempel på sambandet mellan MESAN-temperatur och stationstemperatur för ett urval brandriskområden.



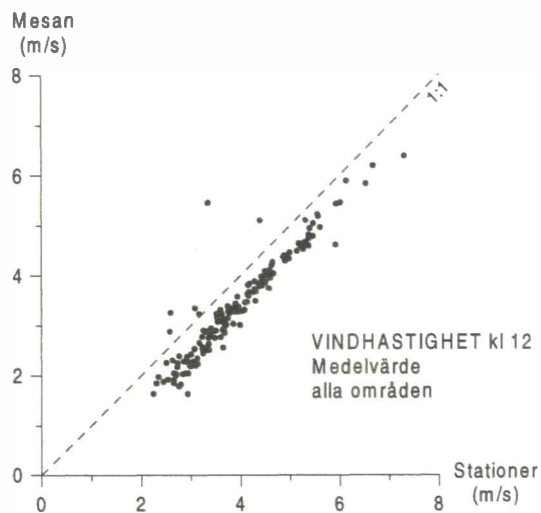
Figur 31. Jämförelse mellan lufttemperatur klockan 12 från stationsdata och från MESAN beräknat som medelvärde för alla brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996.



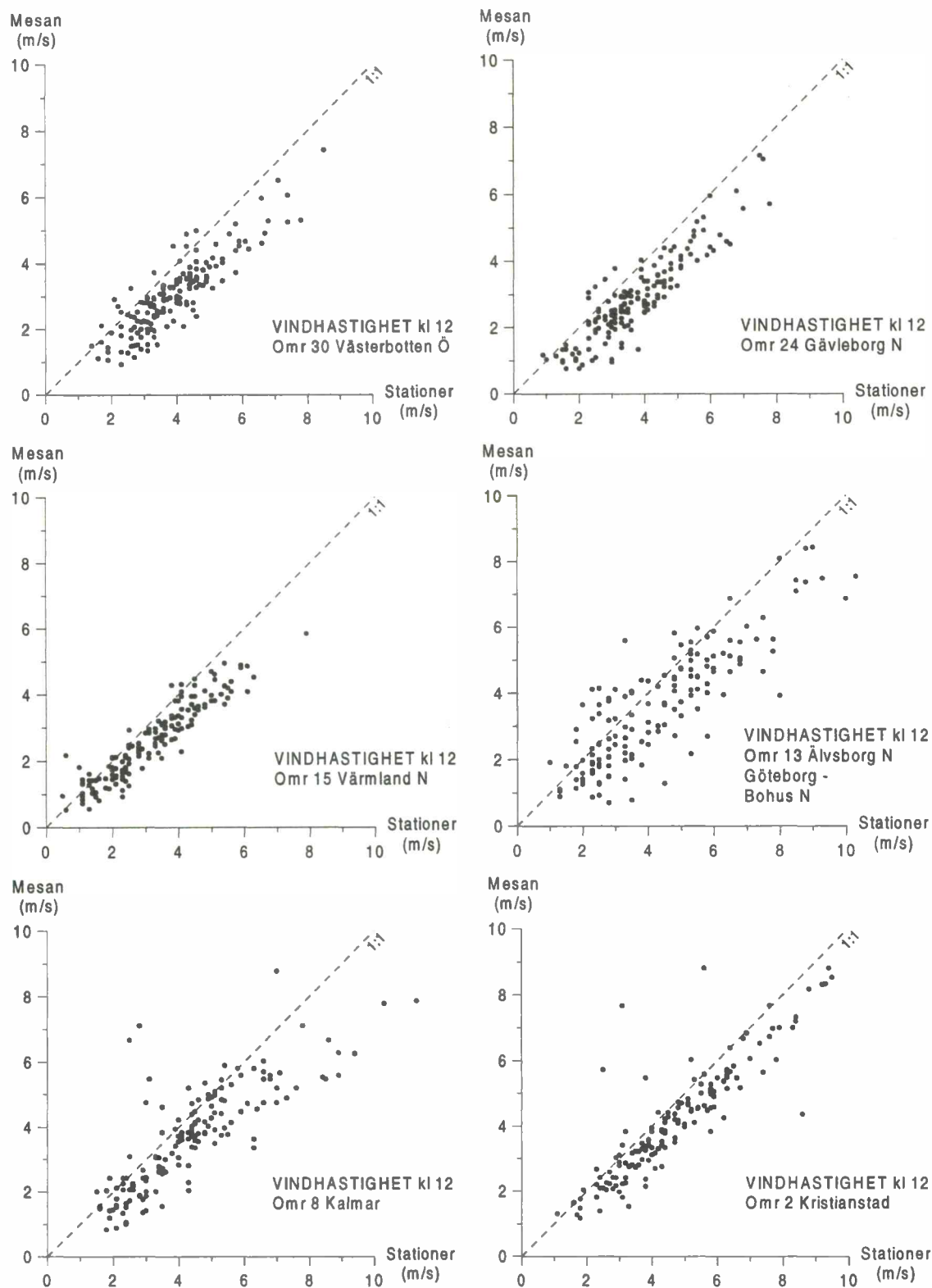
Figur 32. Jämförelse mellan lufttemperatur klockan 12 från stationsdata och från MESAN beräknat som medelvärde för 6 utvalda brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996.

4.5. Vindhastighet

Vindhastigheten mitt på dagen, beräknad som medelvärde över brandriskområdena ur MESAN-data, ger i allmänhet något lägre vindhastigheter än motsvarande värden utgående från stationsdata (figur 33). Av de meteorologiska indata som analyserats erhålls störst avvikelse mellan MESAN-data och stationsdata för vindhastigheten. Exemplen från brandriskområdena i figur 34 visar också stor spridningen av differensen mellan MESAN och stationsdata. Spridningen inom områdena är större för områden i södra Sverige jämfört med områden längre norrut.



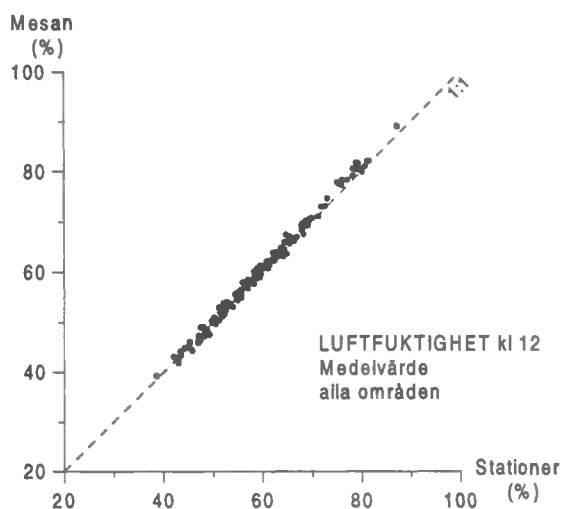
Figur 33. Jämförelse mellan vindhastighet klockan 12 från stationsdata och från MESAN beräknat som medelvärde för alla brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996.



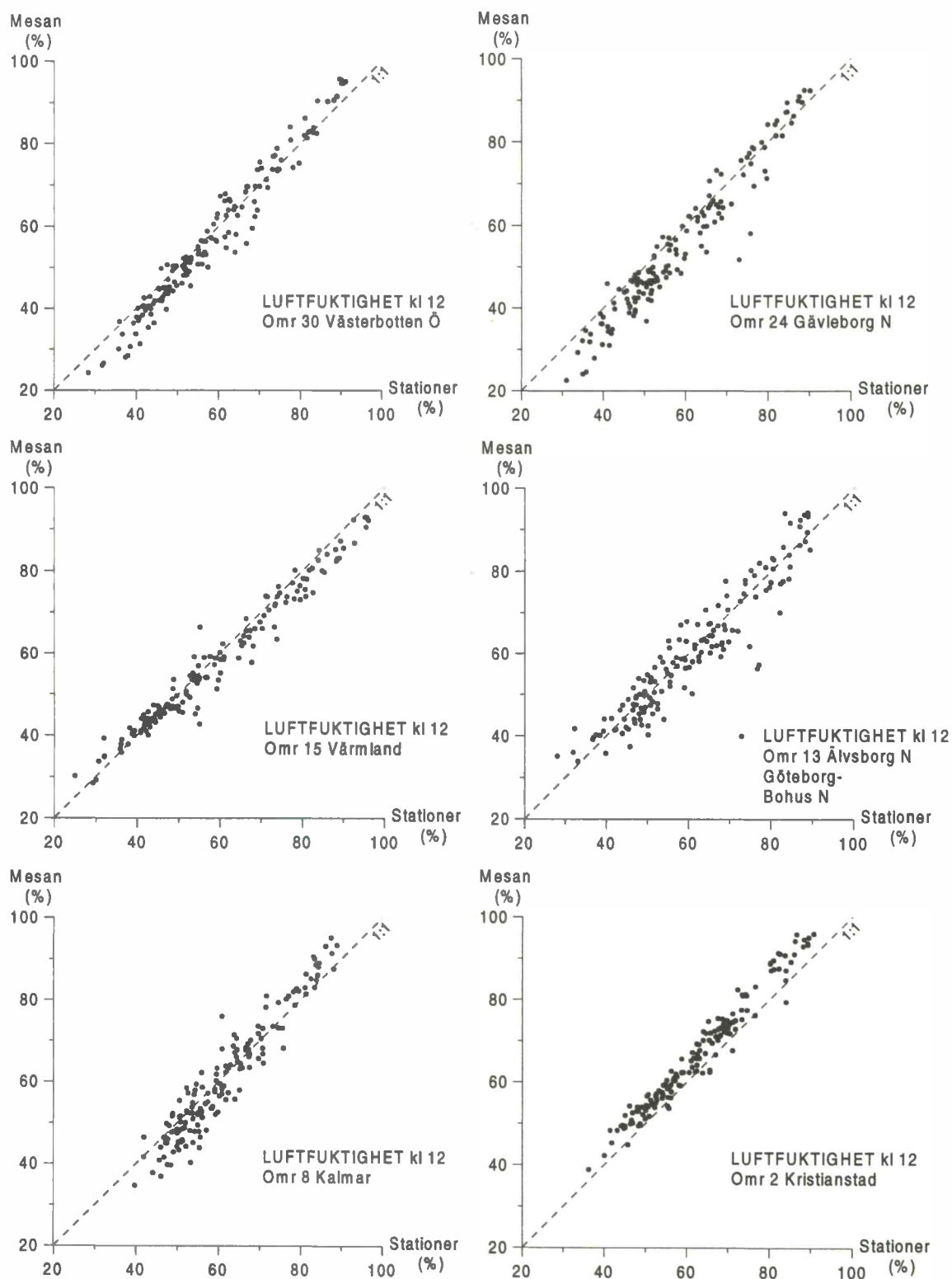
Figur 34. Jämförelse mellan vindhastighet klockan 12 från stationsdata och från MESAN beräknat som medelvärde för 6 utvalda brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996.

4.6. Luftfuktighet

Luftfuktigheten mitt på dagen, beräknad som medelvärde över brandriskområdena ur MESAN-data, överensstämmer väl med motsvarande värde från stationsdata (figur 35). Sambandet mellan MESAN-data och stationsdata för luftfuktigheten är relativt lika i de sex speciellt studerade brandriskområdena (se figur 36).



Figur 35. Jämförelse mellan luftfuktighet klockan 12 från stationsdata och från MESAN beräknat som medelvärde för alla brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996.



Figur 36. Jämförelse mellan luftfuktighet klockan 12 från stationsdata och från MESAN beräknat som medelvärde för 6 utvalda brandriskområden under perioden 1 maj - 30 september 1996.

5. Presentation

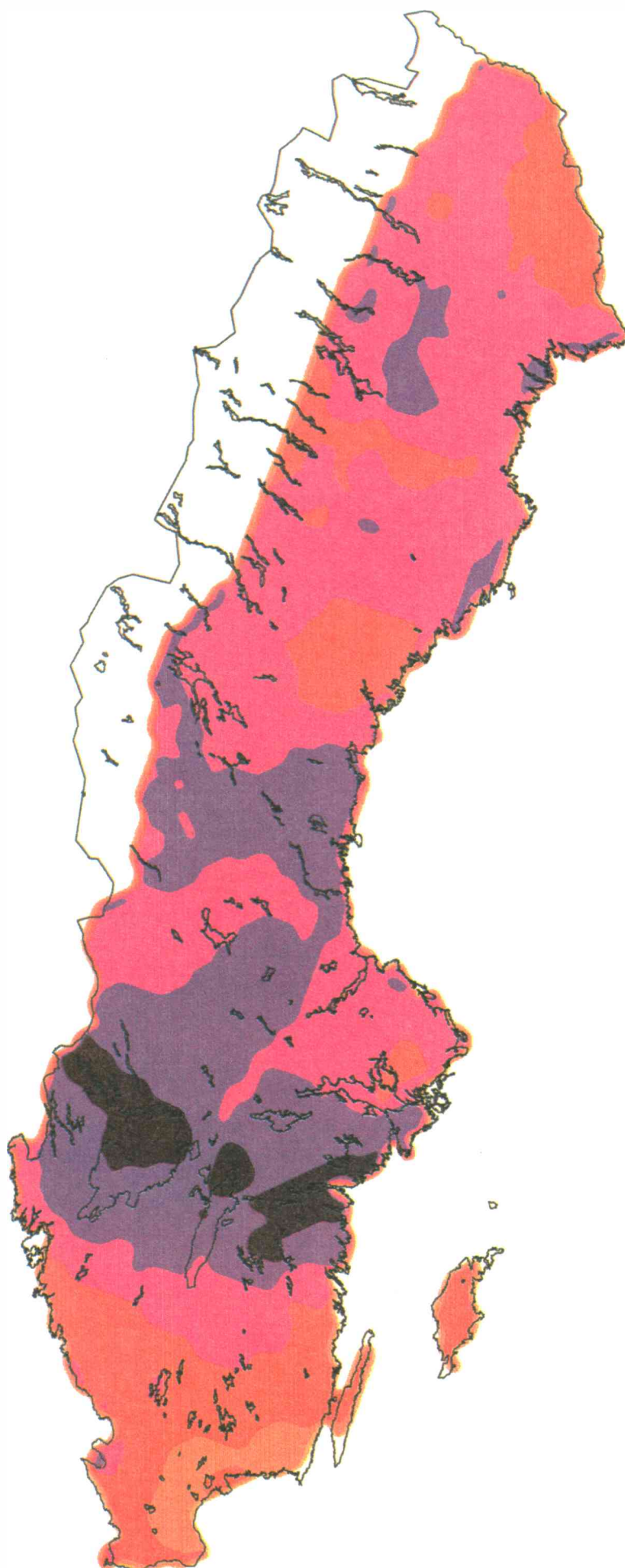
Under arbetet med att utvärdera resultaten från MESAN har de olika brandriskvärdena presenterats på Sverigekartan som en siffra för varje analysruta (se figur 7-14 och 18-25). Denna presentation är mycket användbar och tydlig för detaljstudie av ett speciellt område, men är svårare att använda för att få en överblick över brandriskläget i hela landet eller för att följa utvecklingen från dag till dag.

I detta avsnitt visas exempel på andra möjliga sätt att presentera brandriskvärden i kartform. Exempelen visar brandriskvärden beräknade med HBV och FWI-modellen och gäller samtliga för den 17 augusti 1996. Vilken presentationsform som väljs bör bestämmas av hur värdena skall utnyttjas och vilket distributionssätt som väljs. Möjligheten finns också att göra separata utsnitt av delar av landet.

Figur 37 och 38 visar brandriskvärdena presenterade som isolinjer med fält i olika färg för varje brandriskindex. Figur 39 och 40 visar motsvarande kartor i gråskala och slutligen visas endast isolinjer i figur 41 och 42. I detta försök har gränsen för analysområdet dragits tätt intill kusten, vilket t ex inneburit att brandriskvärden här saknas för större öar vid kusten. Detta kommer att åtgärdas inför försöken i realtid under sommaren 1998, så att även kustzonen kommer att omfattas av brandriskanalysen. Om presentationen av enbart isolinjer väljs, kommer denna också att vidareutvecklas så att anhopningen av isolinjer vid kusten och utmed brandriskområdena i fjälltrakterna undviks.

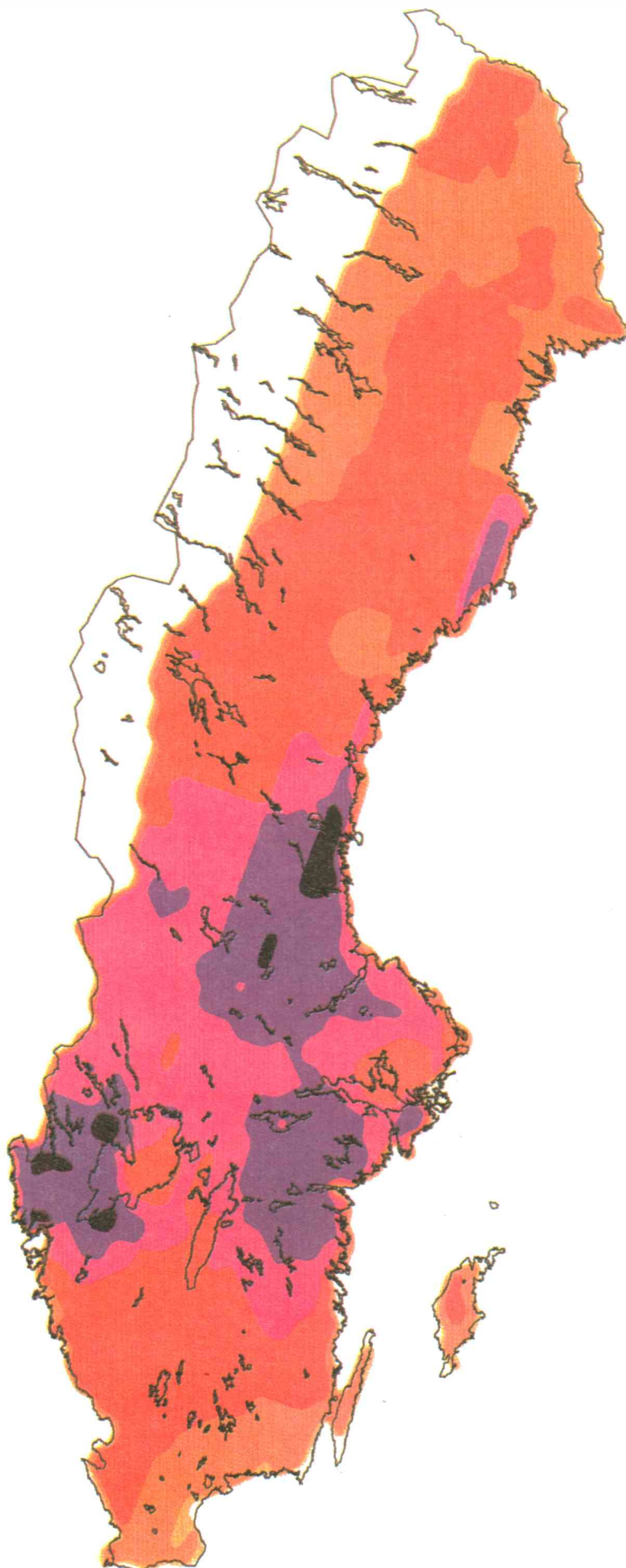
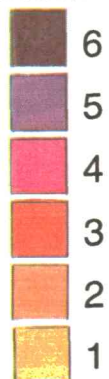
Presentation av delindex från FWI-modellen kan ske på liknande sätt med isolinjer för olika intervall på t ex BUI- och ISI-skalan och kan illustreras av fält i olika färger eller i gråskala.

Brandrisk
Index



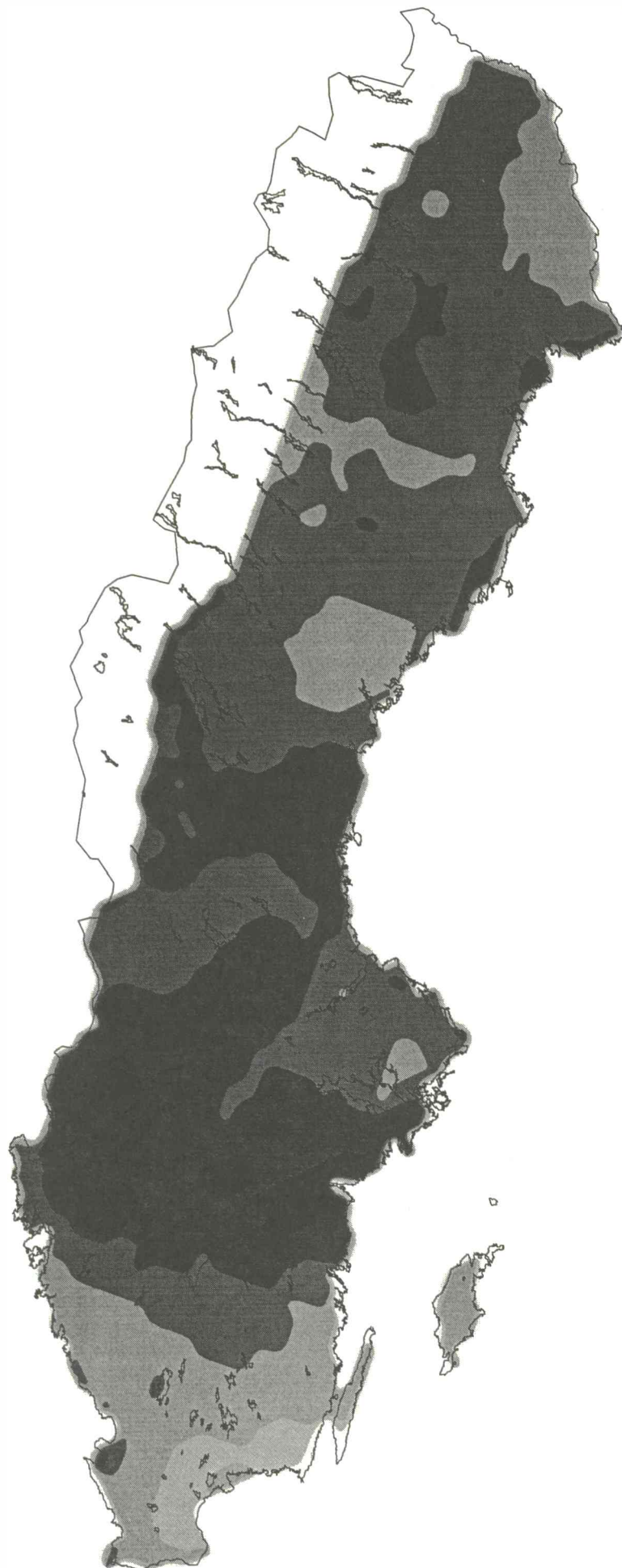
Figur 37. Presentation i färg av HBV-modellens brandriskindex den 17 augusti 1996.

Brandrisk
Index



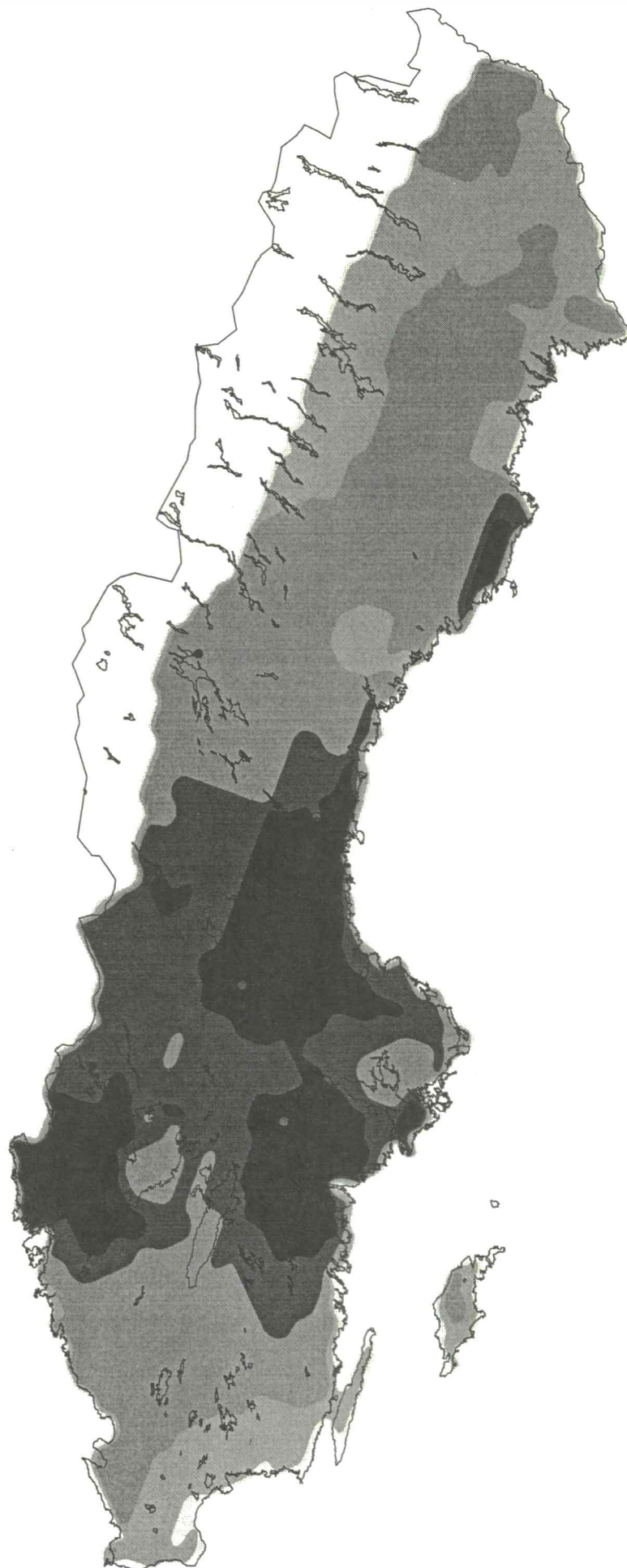
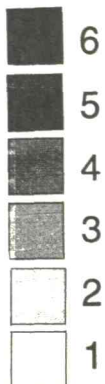
Figur 38. Presentation i färg av FWI-modellens brandriskindex den 17 augusti 1996.

Brandrisk
Index

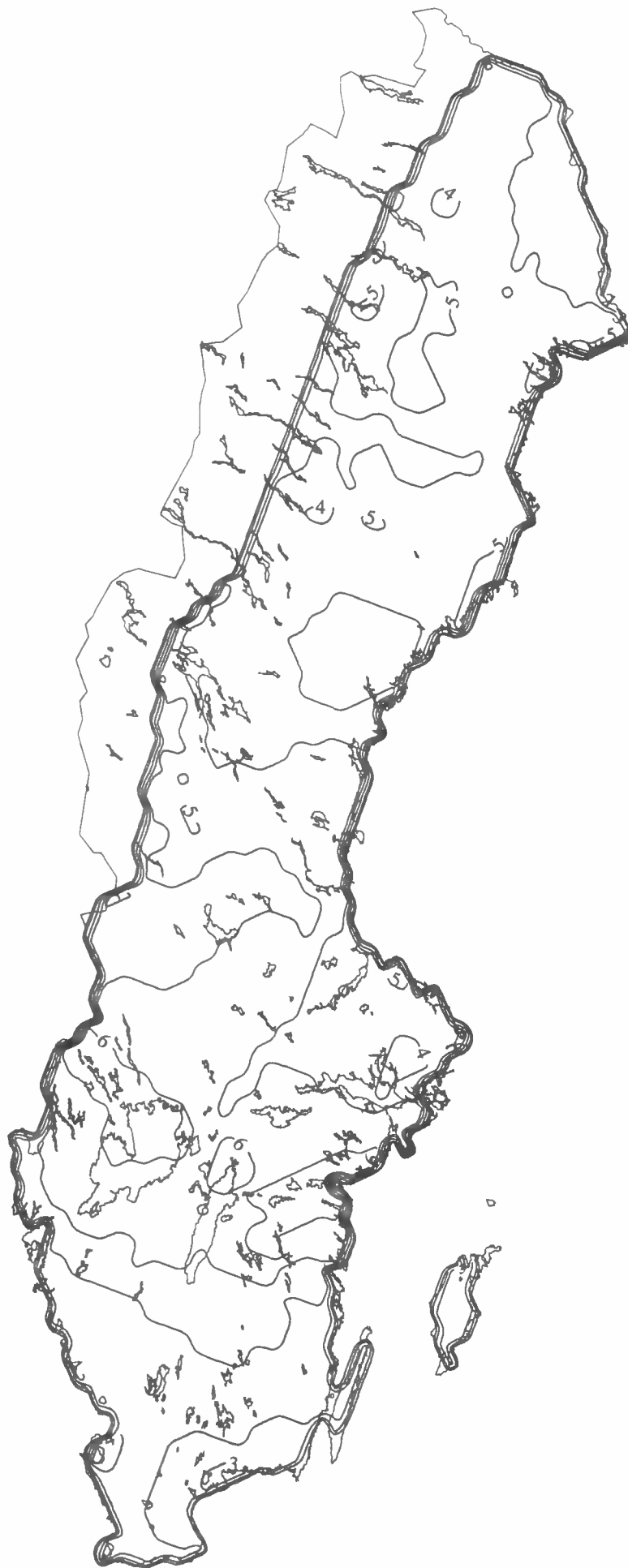


Figur 39. Presentation i gråskala av HBV-modellens brandriskindex den 17 augusti 1996.

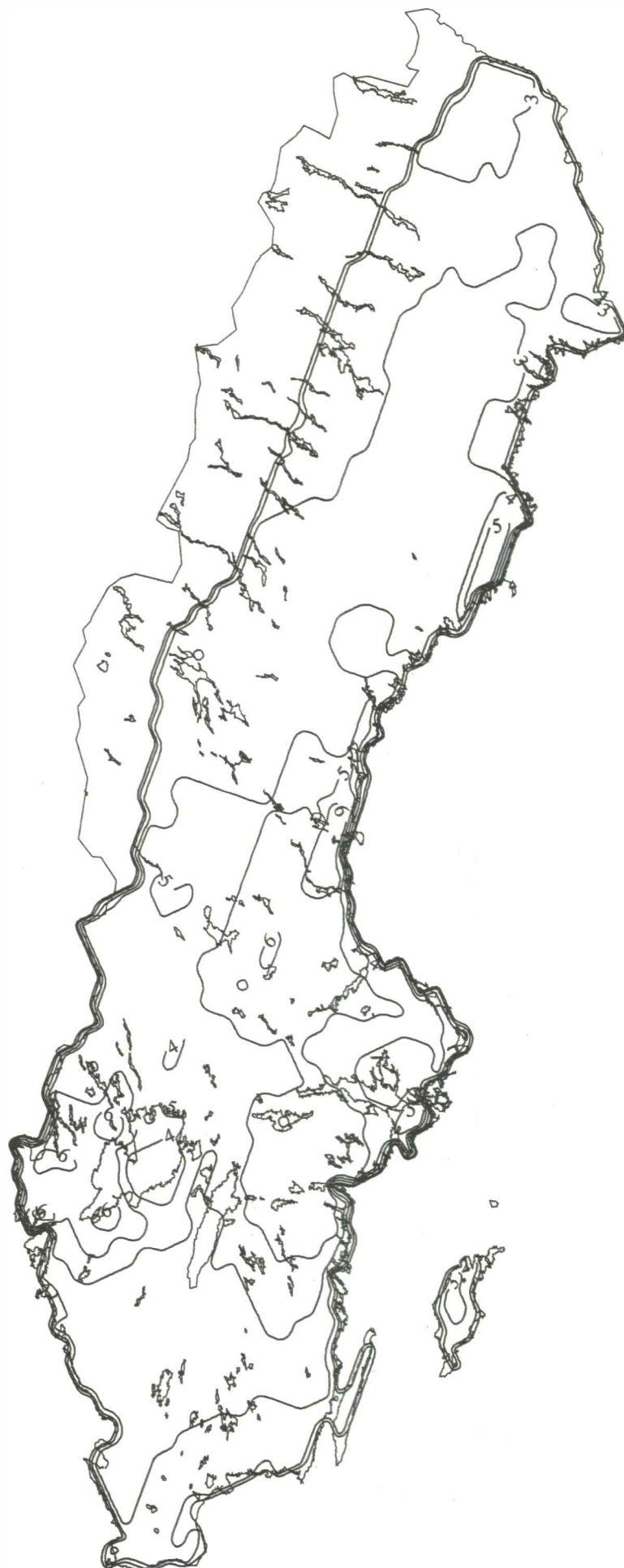
Brandrisk
Index



Figur 40. Presentation i gråskala av FWI-modellens brandriskindex den 17 augusti 1996.



Figur 41. Isolinjerepresentasjon av HBV-modellens brandriskindex den 17 augusti 1996.



Figur 42. Isolinjerepresentation av FWI-modellens brandriskindex den 17 augusti 1996.

6. Slutsatser

Studien har visat det möjligt att med hjälp av analyserade meteorologiska indata framställa högupplösta brandriskvärden från både HBV-modellen och FWI-modellen. Användningen av analyserade meteorologiska indata från MESAN medför att något lägre brandriskvärden erhålls jämfört med när stationsdata används. I medeltal över brandriskområdena, innebär detta en sänkning av brandriskindexet med cirka 0,2 enheter för både HBV-modellen och FWI-modellen.

Skillnaden mellan brandriskvärdena beräknade med de två metoderna är, för båda modellerna, störst vid de höga brandriskvärden som under 1996 erhöles i augusti månad. Endast vid ett fåtal tillfällen under brandrissäsongen skiljer sig brandriskindexen beräknade från MESAN mer än en enhet från motsvarande index från stationsdata.

För både HBV- och FWI-modellen är avvikelsen mellan brandriskvärden från MESAN och stationer något större i södra Sverige än i norra Sverige. Under säsongen varierar även differensen mellan MESAN och stationsvärden mer i södra delen av landet än i norra.

FWI-modellen ger större spridning mellan MESAN-värden och stationsvärden än HBV-modellen, vilket till stor del kan förklaras av vindens stora inverkan på FWI-värdet. Korrelationen mellan MESAN-beräknad och stationsberäknad vindhastighet är lägre än för övriga indata.

Brandriskvärden beräknade från analyserade indata, med både HBV- och FWI-modellen, kan variera flera indexnivåer inom ett enskilt brandriskområde. Störst variation inom ett område erhålls för HBV-modellen vid övergång från höga till låga brandriskvärden i samband med regn. FWI-modellen, vilken är starkt beroende av vindhastigheten, ger stora variationer inom ett brandriskområde även vid stigande brandrisknivåer. På grund av vindens inverkan ger FWI-modellen även ytmässigt en något mer splittrad bild av brandrisken än HBV-modellen. Analysen av FWI-modellens delindex visar större överensstämmelse mellan MESAN och stationsdata för BUI-värdet (vilket mer kan liknas vid HBV-modellens index) än för det starkt vindberoende ISI-värdet.

Studien av de analyserade meteorologiska indata som utnyttjats, visar att avvikelsen av de beräknade brandriskvärdena till stor del härrör från avvikelsen för framför allt nederbörd och för FWI-modellen även för vindhastighet. Korrelationen mellan MESAN-data och stationsdata är allmänt högre för temperatur och luftfuktighet, medan större avvikelser förekommer för nederbörd och vindhastighet. MESAN-data ger för de större nederbördsmängderna, speciellt i södra Sverige, något mer nederbörd än stationsdata. Även vid små nederbördsmängder ger MESAN-data oftare mer nederbörd än stationer, vilket tillsammans resulterar i något högre nederbördssumma under perioden.

7. Fortsatt arbete

Inför sommaren 1998 kommer en metod tas fram för att koppla de analyserade värdena till den meteorologiska prognosmodellen (HIRLAM) så att prognoser för brandrisken kan tas fram i fält över hela landet. Under brandrisksäsongen 1998 kommer ett försök genomföras då högupplösta brandriskprognoser beräknas i realtid med både HBV-modellen och FWI-modellen. SMHIs utfärdade brandriskprognoser kommer att bestämmas på vanligt sätt för brandriskområdena utgående från stationsdata och manuell meteorologisk bearbetning, medan testerna med högupplösta brandriskvärden under försöksperioden kommer att levereras i obearbetat skick direkt från de två brandriskmodellerna.

Den meteorologiska prognosmodellen som kommer att utnyttjas arbetar för närvarande med en upplösning på 22 x 22 km, och även analysen av de meteorologiska observationerna kommer under 1998 rutinmässigt att produceras med denna upplösning. Alla meteorologiska indata som brandriskmodellerna utnyttjar kommer att analyseras med samma upplösning. Analysen av vindhastighet har förbättrats och vidareutvecklats sedan försöksperioden 1996 och beräknas nu enligt liknande metod som övriga indata.

Inom några år kommer troligen upplösningen av analyserna och prognoserna rutinmässigt ha ökats till 11 x 11 km. Redan under 1998 finns dock möjligheten att ta fram analyserade värden med upplösningen 11 x 11 km speciellt för brandriskberäkningarna. Den meteorologiska prognosen kommer dock fortfarande ges som 22 x 22 km. En ökad upplösning av analysen har vid experiment visat sig ge en viss förbättring, men förbättringen är endast någon procent i förklarad varians. Orsaken till att förbättringen inte blir större, är att observationsnätet inte är tillräckligt tätt för att kunna ge större förbättringar av analysen. Den existerande observationstätheten bör alltså avspeglas i vilken upplösning som väljs för analysen.

8. Referenser

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 Reports Hydrology, RH 4, Norrköping

Eriksson, B. (1981)

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

- 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
- Häggmark, L., Ivarsson, K.-I. och Olofsson, P.-O. (1997)
MESAN Mesoskalig analys. SMHI Rapporter, RMK 75, Norrköping
- Källén, E. (1996) HIRLAM Documentation Manual System 2.5.
Tillgänglig från SMHI, Norrköping.
- Lindström, G., Gardelin, M., Johansson, B., Persson, M. och
Bergström S. (1996)
HBV-96 - En areellt fördelad modell för vattenkrafthydrologin. SMHI,
Reports Hydrology, RH 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

Räddningsverkets bibliotek
Karlstad



26152003882

Räddningsverket, 651 80 Karlstad.

00, telefax 054-10 28 89. Internet <http://www.raedningsverket.se>

Beställningsnummer P21-217/98. Telefon 054-10 42 86, telefax

ISBN 91-88891-26-7



**RÄDDNINGSS
VERKET**

*Ps*ce*

Brandisvärden