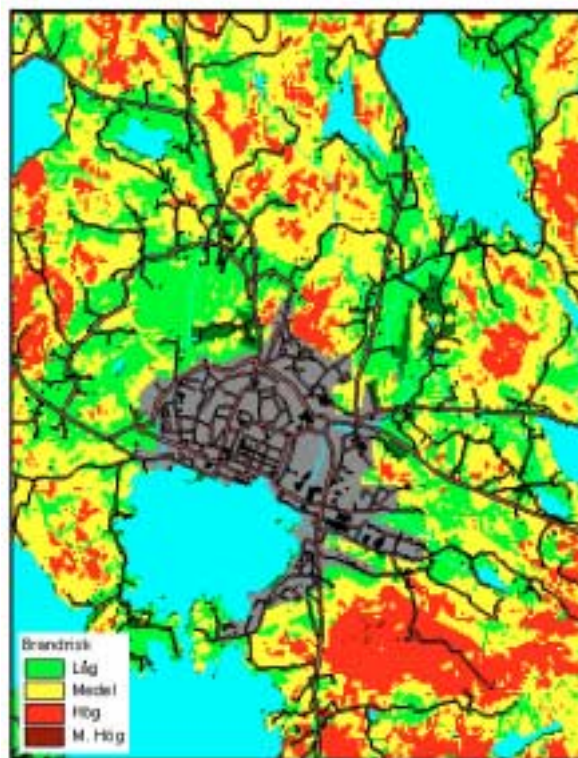


EXAMENSARBETE

Riskmodell för uppkomst av skogsbränder

Pilotstudie i Arvika kommun



FREDRIK EKSTRÖM

CIVILINGENJÖRSPROGRAMMET

Institutionen för Samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Geografisk informationsteknik

Abstract

The aim of this paper is to create a risk model for forest fires that can be used as a foundation for planning on local and regional levels in the community.

The study has been divided into two parts. The first part describes a method to create a risk map for forest fires by using GIS. The second part describes the possibility to be aware of periods with more frequent forest fires by studying the Canadian fire weather index system, FWI. The study period is from 1992 until 2002 and the study area has been delimited to the municipality of Arvika.

The result of part one has shown areas with low, medium, high and very high risks for forest fires. The risk map is in two versions one detailed and one overview version with more distinct areas. During the study period 1992-2002 the summers with most frequent forest fires have shown higher BUI-values, a part of the FWI-system, than during the other summers in the period.

To be able to improve the model in the future more statistics of fires with known position is necessary to confirm the results.

Sammanfattning

Beredskapsenheten på länsstyrelsen i Värmland driver ett projekt om risk och sårbarhetsanalyser i länet som benämns "Säkerhet i Värmland". Detta examensarbete studerar skogsbränder utifrån ett riskperspektiv och är ett led i projektet.

Målen med studien är att åstadkomma en riskmodell för skogsbränder som kan användas vid planering på lokal- och regional nivå i samhället.

Studien delas upp i två delar. Del 1 beskriver en metod för att åstadkomma en riskkarta för skogsbränder. Del 2 behandlar möjligheten att med det kanadensiska brandrisksystemet, Fire Weather Index (FWI), kunna förutse när perioder med fler skogsbränder än normalt inträffar. Den försöksperiod som studeras är 1992-2002. Undersökningsområdet har avgränsats till Arvika kommun i Värmlands län.

Risikfaktorer för skogsbrand har i rapporten delats upp i tre grupper efter: platsens brandbenägenhet, risk för antändning samt åtkomlighet och bekämpningssvårighet. Platsens brandbenägenhet simulerar vegetationens upptorkningshastighet och antändningsbarhet. Antändningsrisken visar områden med hög frekvens av blixtnedslag samt områden med friluftsliv och närhet till bebyggelse. Den tredje gruppen, åtkomlighet och bekämpningssvårighet, simulerar områden där räddningstjänstens insatser blir mer resurskrävande.

Resultatet av del 1 är en riskkarta som beskriver skogsbrandsrisken i fyra intervall: låg-, medel-, hög- och mycket hög risk. Modellen presenteras i två versioner en detaljerad- och en mer översiktlig modell där endast större sammanhängande riskområden redovisas. Resultatet av del 2 visar att delindexet BUI (Buildup Index), i det kanadensiska brandrisksystemet, är högt (över 100 indexenheter) de år när fler bränder än normalt har inträffat under försöksperioden.

För att kunna förbättra modellen bör framtida bränder koordinatsättas i direkt samband med brand och läggas till i det statistiska underlaget. En kontinuerlig uppföljning skulle kunna bekräfta modellens överensstämmelsegrad.

Förord

Det här examensarbetet är sista delen i min utbildning till civilingenjör i samhällsbyggnadsteknik, 180 poäng, med geografisk informationsteknik som inriktning vid Luleå tekniska universitet.

Arbetet har utförts under vårterminen 2003 i samarbete med Värmlands länsstyrelses beredskapsenhet och GIS-grupp i Karlstad. Examensarbetet ingår som en del i ett större projekt som drivs av beredskapsenheten och benämns "Säkerhet i Värmland".

Jag har många att tacka för värdefull hjälp och råd i de frågor som dykt upp under arbetets gång.

Först och främst vill jag tacka min handledare vid länsstyrelsen, **Inga Carlsson-Dunn**, som ständigt kommit med nya idéer och infallsvinklar.

Tack även till:

Tf försvarsdirektör **Anders Swerin** på länsstyrelsens beredskapsenhet som är den person som hållit i projektet "Säkerhet i Värmland" under arbetets gång.

För all hjälp av **Anna Nilsson**, **Birgitta Nilsson** och **Håkan Kjørsträd** på länsstyrelsens GIS-grupp samt **personal** på IT-avdelningen som har lånat ut datorer och svarat på tekniska frågor.

Anders Granström och **Jonny Schimmer** vid Statens Lantbruksuniversitet i Umeå för råd och hjälp med klassning av vegetationen efter brandbenägenhet, samt till **Pär Nyman** vid Skogsvårdsstyrelsen i Karlstad som bidragit med satellitbilder av skogens åldersfördelning och dominerande trädslag.

Marie Gardelin vid SMHI för råd och tips med det kanadensiska brandrisksystemet och till **Thomas Götschel** Uppsala Universitet för registrerade blixtnedslag över Arvika kommun.

Personal på Arvika räddningstjänst och **Stig Karlson** Stora Skog för all hjälp med att ta fram statistik och att lokalisera inträffade bränder till en koordinatbestämd plats.

Jan Vikner Arvika Kommun för digitaliserade kanot- och vandringsleder.

Leif Sandahl och **Jörgen Nilsson** på Räddningsverket i Karlstad för skogsbrandsstatistik och hjälp med litteratur inom området.

Till sist vill jag tacka min examinator **Folke Stridsman** vid Luleå tekniska Universitet som bidragit med värdefulla kommentarer om förslag på upplägg och sammanställning.

Luleå den 5 juni 2003

Fredrik Ekström

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| 1. Inledning | 6 |
| 1.1. Bakgrund | 6 |
| 1.2. Syfte | 6 |
| 1.3. Mål | 6 |
| 1.4. Avgränsningar | 7 |
| 1.5. Andra system | 7 |
| 1.6. Situationen i Sverige i dag | 9 |
| 1.7. Allmänt om GIS | 10 |
| 2. Område och material | 11 |
| 2.1. Val av område | 11 |
| 2.2. Digitalt material | 11 |
| 2.3. Övrigt material. | 12 |
| 3. Del 1. (Riskkarta för skogsbränder) | 13 |
| 3.1. Metod | 13 |
| 3.1.1. Grupp 1. Platsens brandbenägenhet | 13 |
| 3.1.2. Grupp 2. Antändningsrisk | 17 |
| 3.1.3. Grupp 3. Åtkomlighet och bekämpningssvårighet | 20 |
| 3.1.4. Viktning av parameterskikt | 21 |
| 3.1.5. Koordinatbestämda brandplatser | 22 |
| 3.2. Resultat | 23 |
| 4. Del 2. (Perioder med fler bränder än normalt) | 26 |
| 4.1. Metod | 26 |
| 4.2. Resultat | 27 |
| 5. Diskussion | 29 |
| 5.1. Del 1. | 29 |
| 5.2. Del 2. | 31 |
| 5.3. Tillämpningsområden för arbetet | 32 |
| 5.4. Fortsatta studier | 32 |
| 6. Slutsatser | 32 |
| 7. Referenser | 33 |
| 8. Bilagor | 35 |

1. Inledning

1.1. Bakgrund

Skogsbränder är ett ord med dubbla budskap. Det anses både att skogsbränder endast är en del av skogens naturliga förnyring, medan andra anser att skogsbränder är en fara som skall bekämpas. Större delen av all skogsmark har brunnit någon gång med undantag av vissa sumpskogar och fjällnära skogar (SLU 2001).

Intresset för skogsbränder under mer kontrollerade former har återigen ökat. En del skogsbolag utför nu naturvårdsbränningar i syfte att återskapa den biologiska mångfalden som var typisk i den brandbetingade naturskogen. (SLU 2001).

I dag har enskilda skogsägare möjlighet att teckna en skogsbrandsförsäkring. Möjligheten finns även för de stora skogsbolagen men premien blir för dyr i förhållande till den ekonomiska förlusten (muntlig kontakt Björn Jernstedt 2003).

Inom skogsnäringen, länsstyrelsen och de enskilda kommunerna finns av den anledningen önskemål om att kunna kartlägga vilka områden som är mer brandbenägna än andra. Kunskap om riskområden skapar möjlighet att planera brandbekämpande åtgärder, samt möjlighet att utveckla ett mer miljöanpassat skogsbruk (examensarbete Carlberg, Ögren 1996).

År 2001 startade beredskapsenheten på Länsstyrelsen i Värmland projektet "Regional risk och sårbarhetsanalys" som numera benämns "Säkerhet i Värmland". Idén med projektet var att använda geografiska informationssystem (GIS) som ett verktyg vid redovisning, analys, ledningsstöd samt information för kommunala risk- och sårbarhetsanalyser. Det långsiktiga målet för projektet är att erhålla ett bra underlag för analyser och försiktighetsåtgärder. Detta skall i förlängningen resultera i färre antal olyckstillbud och ökad säkerhet i länet (Carlsson-Dunn, Björklund 2003).

1.2. Syfte

Syftet med det här examensarbetet är att, som ett led i projektet "Säkerhet i Värmland", studera skogsbränder utifrån ett riskperspektiv. Arbetet skall som pilotstudie också ge förslag på hur en möjlig modell för beskrivning av risken kan utformas med stöd av GIS.

1.3. Mål

Målen med denna pilotstudie är att åstadkomma en riskmodell som kan vara ett underlag vid planering på såväl lokal- som regional nivå. Modellen skall uppfylla följande villkor:

- Peka på områden där risken för att skogsbränder uppkommer är hög.
- Förutse perioder när det inträffar fler skogsbränder än normalt.

1.4. Avgränsningar

I räddningstjänstens insatsrapporter finns två huvudgrupper av brandobjekt. *Brand i byggnad* och *brand ej i byggnad*. *Brand ej i byggnad* delas in i tre grupper som avser brand i mark. Dessa är:

1. Produktiv skogsmark inklusive hygge.
2. Annan trädbevuxen mark.
3. Ej trädbevuxen mark.

I detta arbete studeras de två första undergrupperna, produktiv skogsmark inklusive hygge och annan trädbevuxen mark. Ej trädbevuxen mark innefattar i första hand gräsbränder, vilket inte behandlas i denna studie. Gräsbränder är mer säsongsbetonade och inträffar under våren i torrt och gammalt gräs. Gräsbrandssäsongen slutar då nytt färskt gräs börjar ta överhand.

I rapporten förekommer ordet risk, som i sin tekniska betydelse definieras som: ”Sannolikheten för att en specificerad omständighet (riskkälla) leder till en specificerad oönskad händelse eller effekt under en angiven tidsperiod.” (Nationalencyklopedin 2002) Definitionen av risk innehåller två huvudkomponenter: sannolikheten för en oönskad konsekvens av en händelse samt konsekvensens storlek. Konsekvensen av skogsbränder i Sverige räknas inte som hög vad gäller antal skadade eller döda. Däremot kan skada på egendom vara betydande, varför ordet risk ändå får en mening i detta sammanhang.

Den försöksperiod som studeras är 1992-2002. Dessutom avgränsas arbetet till att endast omfatta en kommun.

Studien delas upp i två delar. Del 1 beskriver en metod för att åstadkomma en riskkarta för skogsbränder. Del 2 behandlar möjligheten att med det kanadensiska skogsbrandsindexet, Fire Weather Index (FWI), kunna förutse när det tenderar att bli perioder med fler skogsbränder än normalt.

1.5. Andra system

För att göra en brandriskbedömning använder sig ett flertal modeller av olika uppskattningar på fuktigheten i marken. Den kanadensiska brandriskmodellen och den svenska markfuktighetsmodellen (HBV) är exempel på sådana. FARSITE och FIRE är exempel på system som används för simulering av brandspridning i USA.

1.5.1. Kanadensiska brandriskmodellen

I den kanadensiska brandriskmodellen, CFFDRS (Canadian Forest Fire Danger Rating System), ingår två huvudgrupper. Den första modellen är en bedömning av brandrisken, The Canadian Forest Fire Weather Index System, med indexet FWI (Fire Weather Index). Den andra modellen beskriver brandens beteende, kallat FBP (Fire Behavior Prediction system) (Gardelin 1998).

Brandriskbedömningen i FWI-modellen bygger på beräkning av tre grundvärden för fukthalter (index) i olika skikt. Indata till modellen (figur 1) är dygnsnederbörd samt

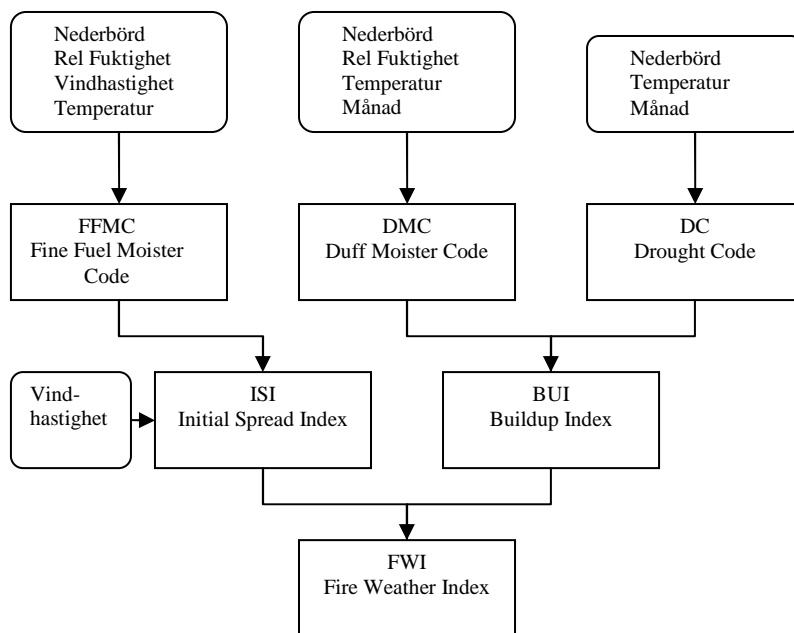
temperatur, relativ fuktighet och vindhastighet mitt på dagen. Månad ingår också för att korrigera indexnivåerna för dagslängd (Räddningsverket 2002).

De tre fuktindexen är:

- FFMC (Fine Fuel Moisture Code), som representerar fukthalten på blad och gräs.
- DMC (Duff Moisture Code), som representerar fukthalten i de översta centimetrarna av markytans bränslebädd, dock ett tjockare skikt än FFMC.
- DC (Drought Code) anger fukthalten i tjocka kompakta humuslager.

Brandriskvärdet FWI beräknas ur dessa tre fuktindex med hjälp av två mellanindex, ISI (Initial Spread Index) och BUI (Buildup Index) (Räddningsverket 2002).

- ISI kan ses som ett mått på brändernas spridningshastighet. ISI beräknas ur FFMC och förstärks av vindhastigheten.
- BUI är ett allmänt fuktighetsmått på de något djupare marklagren och beräknas som ett viktat medelvärde av DMC och DC.



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

Den andra modellen i CFFDRS, den som beskriver brandens beteende (FBP), utgår från indexen ovan och kombinerar dessa med vindriktning marklutning samt vegetation. Resultatet visar en brands spridningshastighet i olika riktningar samt brandintensitet och risk för kronbrand (ANON. 1992). FBP är framtagen utifrån statistik baserat på bräder i de kanadensiska skogarna, var på en justering bör göras för att kunna appliceras på svenska förhållanden.

1.5.2. Svenska markfuktighetsmodellen (HBV)

HBV-modellen är en hydrologisk avrinningsmodell som utvecklats vid SMHI. Modellen är grunden för den hydrologiska prognos- och varningstjänsten som använts i drygt 20 år i Sverige (Räddningsverket 2002). Fuktigheten i markskiktet bestäms av nederbörd,

snösmältning, avdunstning samt avrinning till djupare markskikt. Andelen av hur stor regnmängd som kan hållas kvar i markskikten är beroende av den aktuella markfuktigheten. När marken är torr kan en stor del av regnmängden magasineras i marken. Är marken redan blöt förs en större del av regnet vidare till avrinning. Avdunstningen beror av områdets möjliga avdunstningskapacitet och markfuktighet.

Aktuell markfuktighet anges i procent av den maximala vattenmagasineringskapaciteten i markskikten, dvs. sjunkande värden på markfuktigheten anger ökande uttorkning och därmed ökande brandrisk (Räddningsverket 2002).

Som indata till HBV-modellen används dygnsvärden för nederbörd och lufttemperatur. De parametrar som ingår i modellen bestäms vanligen genom kalibrering mot en uppmätt vattenföringsserie. För rikstäckande brandriskberäkningar används dock regionala standardparametrar (Räddningsverket 2002).

1.5.3. FIRE och FARSITE

I USA används i dagsläget olika applikationer som i likhet med det kanadensiska FBP systemet ovan syftar till att simulera skogsbrandsförloppet. FIRE och FARSITE (Fire Area Simulator) är två exempel på detta. Båda applikationerna utgår från modellen BEHAVE, som innehåller matematiska prognosmodeller för beräkning av brandbeteende och spridning. Dessa prognosmodeller utgår från ett givet område med specificerade bränsletyper, topografi och väderparametrar (examensarbete Carlberg, Ögren 1996).

1.5.4. Brandriskkartor

I USA har försök gjorts för att åstadkomma en brandriskkarta för skogsbränder med hjälp av GIS. Två studier i Pocatello (Mattson, Thorén 2002) och Lava Hot Springs (Jansson, Pettersson 2002) i Idaho, USA, har en viktning av olika parametrar resulterat i en brandriskkarta för respektive område. Exempel på parametrar som ingår i studierna är lutning, bränslemängd och brandintensitet.

1.6. Situationen i Sverige i dag

För bedömning av brandrisken i Sverige används sedan 2001 webbapplikation kallad ”Brandrisk i skog och mark”. Webbapplikationen är framarbetad av SMHI och Räddningsverket och ur denna kan uppgifter om brandrisk (index och absoluta värden) enligt FWI-modellen avläsas. Även underliggande uppgifter om delindexen FFMC, DMC, DC, ISI och BUI samt markfuktigheten enligt HBV-modellen framgår av applikationen. Systemet är rikstäckande och presenterar värden för ca 1000 st. 22x22 km stora rutor både som färgraster på en sverigekarta och i tabellform. Väderinformationen som används baseras på en statistisk analysmetod kallad *Mesoskalig Analys* (MESAN). Metoden gör det möjligt att kombinera olika typer av väderinformation. Informationen består av observationer från SMHI:s och Vägverkets stationsnät (totalt ca 175 stationer), väderinformation från satellitbilder samt väderradar och meteorologiska modellberäkningar (Räddningsverket 2002). Brandrisken delas in i sex intervaller från mycket liten till extremt stor.

SMHI startar upp FWI-modellen i början av mars varje år. Beräkningarna fortlöper till september eller oktober, beroende på vädrets karaktär. Förutom aktuella väderdata ingår gårdagens indexvärden FFMC, DMC och DC i modellen. Vid uppstart av FWI-modellen i mars sätts dessa indexvärden till noll (Lindgren muntlig kontakt 2003).

Utöver ovan beskrivna webbapplikationen sänds ett fax från SMHI till länsstyrelser och SOS alarmcentral då brandrisken i området anses som stor, mycket stor eller extrem. Den faxversion som utsänds är en bearbetning av det underlag SMHI har tillgång till.

1.7. Allmänt om GIS

Geografiska informationssystem, allmänt kallad GIS, är system som behandlar rumslig (spatial) information. Inom rumslig analys fokuseras studierna på hur geografiska placeringar, spridning och form påverkar olika processer och samband (Arnberg at all 1999).

Det studerade området byggs upp med olika skikt (lager) som innehåller attribut (värden). Attributen beskriver olika företeelser som t ex. vegetation, befolkning eller föroreningar. Lagren kan beskrivas i antingen vektor- eller rasterformat. Vektorformat behandlar punkter, linjer och polygoner. Rasterformat består av ett rutnät (grid) där varje ruta (cell eller pixel) innehåller ett värde. Cellens eller pixelns storlek kallas raster- eller gridstorlek.

Vektorformat är lämpligt att använda vid högupplösta presentationer. Vid analys är rasterformat att föredra då ett lager t ex. kan adderas, subtraheras eller multipliceras med ett annat lager.

Ett flertal analysverktyg och program finns på marknaden där geografiska presentationer och analyser är möjliga. De två största intressenterna på marknaden i dag är två företag från USA, MapInfo och Esri.

2. Område och material

2.1. Val av område

Undersökningsområdet valdes till att utgå från en kommun i Värmlands län. Följande kriterier har beaktats när det gäller val av lämplig kommun:

1. Mycket skog inom kommunen.
2. Tillgång till räddningstjänstens insatsrapporter för att kunna få reda på var, hur och när en skogsbrand uppkommit.
3. Tillgång till lantmäteriets digitala vegetationskarta.
4. Närhet till någon eller några väderstationer som mäter nederbörd, temperatur, relativ fuktighet och vindhastighet.



Figur 2. Undersökningsområdet utgörs av rektangeln som omsluter hela Arvika kommun.

Kriterierna uppfylldes av Arvika kommun. Vegetationsdata för den allra nordligaste delen av kommunen finns dock inte. Avsaknaden kompenseras med en vegetationsklassad satellitbild. Undersökningsområdet är ett rektangulärt område som innefattar hela Arvika samt delar av de angränsande kommunerna Eda, Grums, Kil, Sunne, Säffle, Torsby och Årjäng (figur 2).

2.2. Digitalt material

Eftersom resultatet av arbetet förväntas bli en geografisk riskmodell för skogsbränder, är det lämpligt att använda någon form av GIS-verktyg för beräkning och analys. Länsstyrelsen i Värmland samt kommunen och räddningstjänsten i Arvika använde vid tiden för projektet Esris produkt ArcView GIS 3.2. Av den anledningen var det naturligt att denna programmiljö användes för projektet. Esris tillägg Spatial Analyst har använts för att göra lager på lager beräkningar i rasterformat.

Nedanstående digitala kartmaterial har varit tillgängligt och av intresse för projektet.

- Höjddata (Rasterformat 50x50 m, Lantmäteriet)
- Vegetationskarta (Vektorformat, Lantmäteriet)
- Vegetationsklassad satellitbild (Raster 25x25 m, Länsstyrelsen Värmland)
- Satellitbild med andelen trädslag (Raster 25x25 m, Skogsvårdsstyrelsen och SLU)
- Satellitbild med skogens ålder (Raster 25x25 m, Skogsvårdsstyrelsen och SLU)
- Vägar (Vektor, Lantmäteriet)

- Sjöar och vattendrag (*Vektor, Lantmäteriet*)
- Vandrings- och kanotleder (*Vektor, Arvika kommun*)
- Byggnader (*Vektor, Lantmäteriet*)

2.3. Övrigt material.

Övrigt material som använts för utarbetande av projektet är:

- Blixtnedslag 1992-2002 (*Tabelldata, Uppsala Universitet*)
- Väderinformation 1993-2002 (*SMHI i Norrköping*)
- Insatsrapporter 1993-1996 och 2001-2002 (*Räddningstjänsten Arvika*)
- Brandstatistik Värmlands län 1996-2002 (*Räddningsverket i Karlstad*)

Microsoft Excel och tillhörande programmeringskript, VBA, har använts för beräkningar och egengjorda beräkningsprogram.

3. Del 1. (*Riskkarta för skogsbränder*)

3.1. Metod

Metoden bygger på att lokalisera olika parametrar för riskmodellen samt hur dessa parametrar indexeras och viktas sinsemellan.

Risikfaktorer för skogsbrand har i denna rapport delats upp i tre grupper efter,

1. platsens brandbenägenhet,
2. risk för antändning samt
3. åtkomlighet och bekämpningssvårighet.

Var grupp för sig innehåller information som kan vara av intresse vid en riskbedömning. Med platsens brandbenägenhet avses hur snabbt mark och vegetation blir tillräckligt torr för att kunna brinna. För att en skogsbrand skall kunna uppkomma måste någon form av antändning ha skett, dvs. någonting som har startat branden från början. Åtkomlighet och bekämpningssvårighet avgör insatsen från räddningstjänsten. Insatsen blir olika resurskrävande beroende på om branden är nära väg och vatten eller i svårtillgänglig terräng.

Nedan följer de parameterskikt som ligger till grund för riskbedömningen i de tre grupperna och för den slutliga modellen. Om inget annat anges är alla lager eller skikt som tas fram i studien av rasterformat med rasterstorleken (pixel) 50x50 meter. I rapporten skrivs namnet på respektive skikt med typsnittet Courier, ex. SkogsBrandVeg. Framställande av skikten framgår av pseudospråket för spatial analys i bilaga 1 och 2 (studiematerial, Östman 2002).

3.1.1. Grupp 1. *Platsens brandbenägenhet.*

Till denna grupp hör faktorer som marklutning, lutningsriktning och vegetationstyp.

3.1.1.1. Marklutning och lutningsriktning

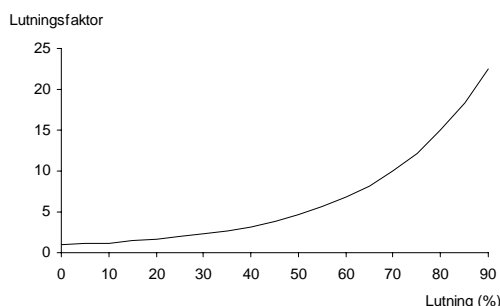
Höjddata erhålls ur Lantmäteriets rikstäckande höjddatabas. Höjddatabasen innehåller i sin högsta upplösning punkter med höjdvärden i ett regelbundet rutnät där det är 50 meter mellan punkterna och en noggrannhet på 2,5 meter eftersträvas (Lundberg 2000). Tätheten mellan punkterna är en begränsande faktor vid skapande av skiktet Höjder. Av denna anledning sätts rasterstorleken i undersökningen till 50x50 meter. Ur Höjder kan rasterfilerna Lutning och LutningsRiktning skapas med hjälp av funktionerna "Derive Slope" och "Derive Aspect" i ArcViews tillägg Spatial Analyst. Med lutning menas den procentuella höjdskillnaden mellan två intilliggande pixlar, medan lutningsriktning anger i vilket vädersträck sluttningen ligger.

Lutningen har betydelse både för grupp 1, *platsens brandbenägenhet* och grupp 3, *åtkomlighet och bekämpningssvårighet*. En sluttning sprider branden både snabbare och mer intensivt (Johnson, Miyaniishi 2001), samtidigt som en mer intensiv brand i sluttande terräng är svårare att bekämpa. I det kanadensiska brandspridningssystemet, FBP, ingår en lutningsfaktor. Figur 3 visar att lutningen har en svag exponentiell påverkan på denna

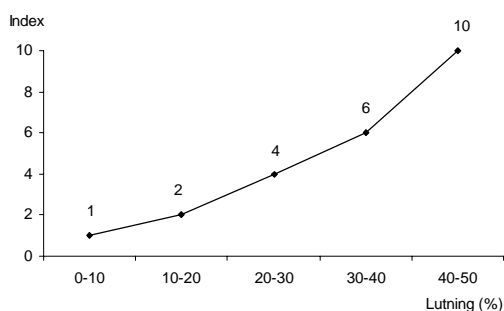
lutningsfaktor (ANON. 1992). Skiktet Lutning har tilldelats indexerade värden från 1-10 beroende på lutningsgrad (figur 4). Den största lutningen i området är 42 %, vilket ger att lutningsintervallet 40- till 50 % har tilldelats indexvärdet 10.

Lutningsriktningen har betydelse för hur snabbt marken kan torka upp till brännbara förhållanden på grund av solens uppvärmningseffekt. För att avgöra vilka vädersträck som kan anses ha störst uppvärmningseffekt har temperaturen studerats var tredje timme för perioden 1993-2002. De väderstationer som använts är SMHI:s väderstationer Arvika (1993-1995) och Arvika A (Automat) 1995-2002 (se figur 14 sid 26). Temperaturdatat delades upp på månaderna maj till och med augusti där medeltemperaturen var tredje timme räknades ut för respektive månad (figur 5). Temperaturen variationer under dygnet följer varandra enligt ett tydligt mönster för respektive månad. I figur 5 har även en indexerad kurva (streckad) med värden mellan 1 och 10 lagts in. Där motsvarar värdet 10 den tid på dygnet med högst temperatur (kl. 17 svensk sommartid) och värdet 1 då temperaturen är som lägst (kl. 5). Solens riktning under dessa tidpunkter har därefter beräknats utifrån att solen står rakt i söder kl 13 svensk sommartid och att solen rör sig 15° per timme (360° på 24 timmar).

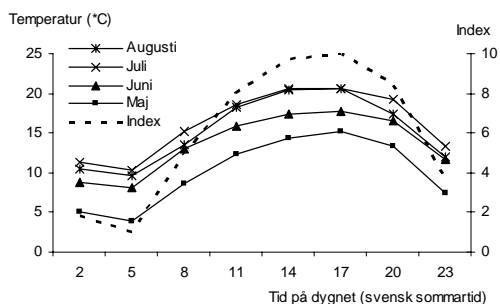
Plan mark har solinstrålning hela dagen och erhåller indexvärdet 8, dvs. två enheter lägre än syd- och sydvästsluttningar. Motivet är att solinstrålningsvinkeln i förhållande till marken blir mindre på plan mark jämfört med när marken sluttar i solens riktning och att effekten då blir lägre. Med plan mark menas i detta arbete när lutningen är mindre än 3 % (mindre än tre meter på hundra meter). Det resulterande skiktet LutningsRiktning innehåller indexnivåerna 1-10, enligt figur 6 och resonemanget ovan för plan mark. De högsta indexnivåerna har syd- och sydvästsluttningar.



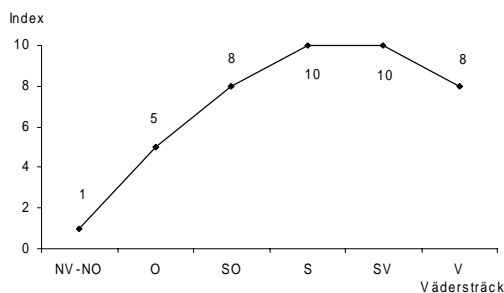
Figur 3. Lutningsfaktorn i förhållande till lutning i procent (ANON. 1992).



Figur 4. Indexerade värden beroende på lutningen i procent.



Figur 5. Temperaturvariationer under dygnet uppdelat på månad. Streckad linje anger indexerat värde.



Figur 6. Indexerade värden, 1-10, beroende på sluttningsriktning.

3.1.1.2. Skogsbrandsvegetationskarta

Lantmäteriets vegetationskarta i vektorformat, med 98 vegetationsklasser, har konverterats till rasterformat. Det attribut i vegetationskartan som valdes till rastercellernas värdefält var vegetationskod (1-98). Därefter slogs flera av vegetationskartans klasser ihop och skapade ett nytt rasterskikt, SkogsBrandVeg1, med endast sex grupper (tabell 1). Klassningen bygger på ett försök i Jämtland som drevs av Räddningsverket (Räddningsverket 1996).

Konverteringsnyckeln mellan vegetationskartan och den förenklade vegetationskartan med sex klasser framgår av bilaga 3.

Tabell 1. Hopslagning av vegetationskartans 98 vegetationsklasser till sex grupper i skikten

SkogsBrandVeg1, SkogsBrandVeg2 och SkogsBrandVegTot.

| Klass | Beskrivning | Klass | Beskrivning |
|-------|--|-------|---|
| 1 | Lavtyp och lavristyp (barr) | 4 | Fuktig, våt lövskog, ris- och mossrik myr |
| 2 | Frisk barrskog och torr lövskog | 5 | Gräs-, ört-, kultur- och hedmark |
| 3 | Frisk lövskog samt fuktig, våt barrskog och barrskogsmyr | 6 | Ej brandbenägen mark och vatten |

Vegetationskartan täcker inte den nordligaste delen av Arvika kommun. För att få en uppfattning om vegetationen där har istället en vegetationsklassad satellitbild från 1996 använts. Satellitbilden har andra vegetationsklasser än de som kan utläsas ur vegetationskartan och rasterstorleken är 25x25 meter. En konvertering är därför nödvändig till skogsbrandsvegetationskartans klasser (bilaga 4) och rasterstorleken 50x50 meter. Nya och äldre hyggen är två av klasserna i satellitbilden. Eftersom hyggen inte representeras i den statiska vegetationskartan måste hyggen i satellitbilden återföras till respektive vegetationsklass. Detta löstes genom att tilldela varje ”hyggespixel” det värde som närmaste ”icke vegetationspixel” innehöll med funktionen ”Assign Proximity” i ArcViews tillägg Spatial Analyst. Därefter slogs detta skikt (SkogsBrandVeg2) ihop med SkogsBrandVeg1 så att ett heltäckande vegetationsskikt, SkogsBrandVegTot, erhöles över hela området.

Vegetationsklass två, *Frisk barrskog* och *Torr lövskog*, i tabell 1 utgör ca 73 % av all trädbevuxen mark. För att kunna dela upp denna klass i undergrupper har dominerande trädslag studerats i områden tillhörande vegetationsklass två.

En klassad satellitbild från Skogsvårdsstyrelsen i Värmland med information om andelen tall, gran och löv har använts som underlag. Först skapades ett skikt (TrädTyp) innehållande fyra klasser. De fyra klasserna är blandskog, lövskog, granskog samt tallskog. I klasserna lövskog, granskog och tallskog har alla mer än 60 % inslag av respektive trädslag, medan blandskog inte har något enskilt trädslag över 60 %. Därefter ersattes *Frisk barrskog* och *Torr lövskog* (klass två) i skiktet (SkogsBrandVegTot) med följande grupper:

- Frisk tallskog
- Frisk blandskog och Torr lövskog.
- Frisk granskog

Testbränningar och uttorkningsanalyser i fyra skogsbiotoper har gjorts vid SLU:s försökspark vid Svartberget strax norr om Vindelns i Västerbotten (Granström, Schimmel 1998). Studien omfattade skogsbiotoperna hygge, lavrik tallhed, tallskog och granskog. Resultatet av upptorkningstid och antändningsförsök visar att hyggen både torkar ut snabbast och är lättast att antända, medan slutna granskog uppvisar längst upptorkningstid. Granskogen var även svårast att antända.

För att bestämma områden med hyggen har en satellitbild från 2001 (Skogsvårdsstyrelsen Värmland) med uppgift om skogens åldersfördelning tillsammans med skogsvårdsstyrelsens vektorskikt med nya hyggen för 2002 använts. Skogsbeståndets ålder har adderats med ett för att erhålla åldern för 2002. Skogsbestånd med en ålder av 0-5 år räknas till hygge i det här arbetet. Nya hyggen år 2002 har tilldelats åldern noll. Skiktet med skogsbeståndets ålder 2002 benämns SkogÅlder2002.

Det slutliga skogsbrandsvegetationsskiktet, SkogsBrandVegKarta (tabell 2), innehåller ytterligare tre klasser jämfört med skiktet SkogsBrandVegTot (tabell 1). Den nya klassningen och dess indexvärden, 1-10, stöds på resonemanget ovan där hygge (skogsbeståndets ålder 0 till 5 år) tilldelas det högsta värdet 10 och där ej brandbenägen mark och vatten får värdet noll.

Tabell 2. Slutlig klassning för skogsbrandsvegetationskartan (SkogsBrandVegKarta) och klassernas indexvärden.

| <i>Klass</i> | <i>Indexvärde</i> | <i>Beskrivning</i> |
|--------------|-------------------|--|
| 1 | 10 | Hygge |
| 2 | 9 | Lavtyp och lavristyp (barr) |
| 3 | 8 | Frisk tallskog |
| 4 | 7 | Frisk blandskog och torr lövskog |
| 5 | 6 | Frisk granskog |
| 6 | 4 | Frisk lövskog samt fuktig, våt barrskog och barrskogsmyr |
| 7 | 2 | Fuktig, våt lövskog, ris- och mossrik myr |
| 8 | 1 | Gräs-, ört-, kultur och hedmark |
| 9 | 0 | Ej brandbenägen mark och vatten |

3.1.2. Grupp 2. Antändningsrisk

Med antändningsrisk avses i det här arbetet områden där risken för antändning av en skogsbrand är hög. En studie från 1994 (Bratt 1995) visar att den största enskilda skogsbrandorsaken, 40 %, är relaterade till blixtnedslag. 20 % av bränderna kan härledas till människan, 1 % till tåginbromsning och skogsmaskiner. Resterande del (39 %) är av annan eller okänd anledning. I projektet studeras två typer av orsaker, blixtnedslag och bränder orsakade av människan.

3.1.2.1. Blixtfrekvenskarta

De system (pejlare) som används i Sverige för att lokalisera blixurladdningar bygger på detektering av den elektromagnetiska puls (LEMP) som utstrålas från blixstens huvudladdning (Lundquist, Götschl 1995). Antalet pejlare, i huvudsak två typer, var fram till år 2000 ca 15 st. i Sverige. År 2000 till 2002 kopplades även de Norska pejlarna in. Från mitten av 2002 används också pejlarna i Finland samt fyra stycken från Tyskland.

Uppgraderingen och tillkopplingen av nya pejlare gör att noggrannheten och detekteringsgraden ökar markant. Fram till och med år 2000 är noggrannheten ca 5km, från 2001 är den bättre. Hur mycket bättre är ännu inte fastslaget, dock meddelar tillverkarna av pejlarna att systemet bör klara en felmarginal på 500 meter (Götschl muntlig kontakt 2003).

Mellan 1992 och 2000 ligger antalet blixtar i försöksområdet på 442 nedslag i snitt. 2001 är antalet 1966 och 2002 hela 9975 stycken. Orsaken till den stora skillnaden i antalet blixtar under perioden är den ovannämnda uppgraderingen och tillkopplingen av nya pejlare (Götschl muntlig kontakt 2003).

Det material som erhållits är detekterade blixtnedslagskoordinater (RT90) i undersökningsområdet för perioden 1992-2002. För att beräkna om det föreligger några områden med högre andel blixtnedslag, åskstråk, har följande metod använts.

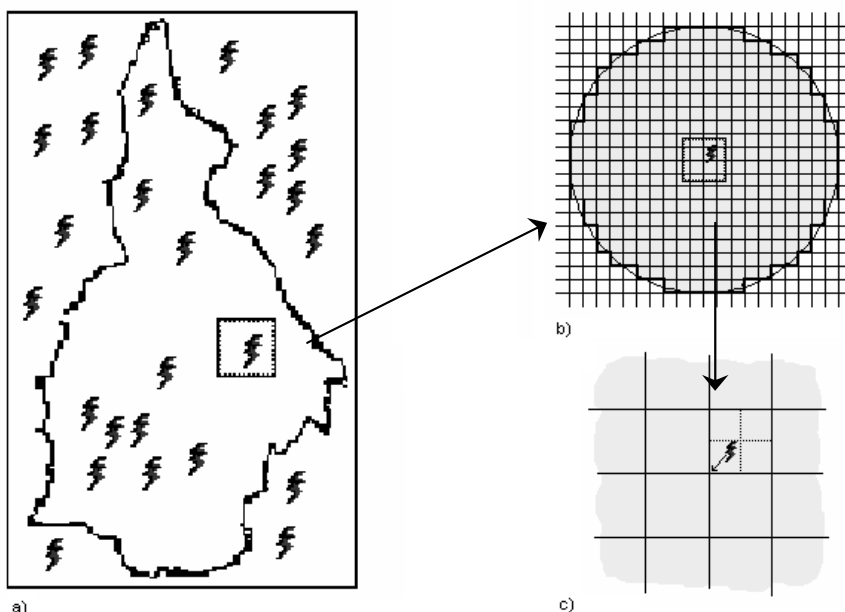
Först delades blixtnedslagen upp årsvis. Därefter antogs en felmarginal på 5 km för åren 1992-2000. För åren 2001 och 2002 ansattes en felmarginal på 1 km då den riktiga felmarginalen fortfarande inte är fastställd (jämför ovan). Ett rutnät över försöksområdet med rutstorleken 250x250 meter skapades. För varje blix (figur 7a) skapades en cirkel med centrum i den gridpunkt i rutnätet som ligger närmast blixstens koordinat (figur 7c). Radien av cirkeln utgörs av den aktuella felmarginalen (figur 7b). Därefter antas det lika sannolikt att just denna blix slagit ner i någon av rutorna innanför cirkeln i figur 7b.

Sista steget är att summera ihop hur många gånger varje ruta sannolikt blivit ”träffad” för alla blixtnedslag det specifika året. Värdena standardiseras mellan 0 och 100 med formeln (ekv.1) nedan.

$$RutIndex_i = (RutVärde_i - RutVärde_{min}) / (RutVärde_{max} - RutVärde_{min}) \times 100 \quad (\text{ekv. 1})$$

Där:

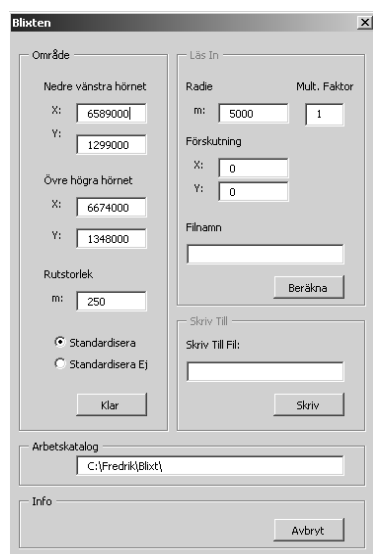
- $RutIndex_i$ är den i:te rutans standardiserade värde (0-100).
- $RutVärde_i$ är den i:te rutans värde.
- $RutVärde_{max}$ och $RutVärde_{min}$ är det högsta respektive lägsta rutvärdet.



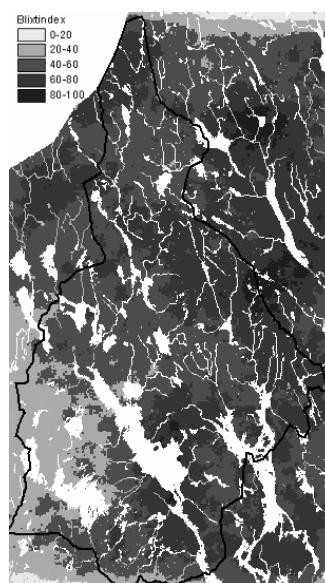
Figur 7. a) Blixtnedslag inom området, b) Cirkel inom där blixten sannolikt slagit ner. Cirkelns radie beror på felmarginalen. c) Cirkelns medelpunkt är den gridpunkt som ligger närmast den aktuella blixstens koordinat.

Beräkningarna är utförda med ett eget tillverkat program kallat "Blixten", figur 8, som genererar en tabell med koordinater och värden i en textfil. Denna textfil bearbetas som ett punktskikt med hjälp av funktionen "Lägg till händelsetema" i ArcView och konverteras därefter till ett rasterskikt. Figur 9 visar en sammanslagning för alla år med samma princip av standardisering som i ekv. 1.

Beräkningen för hela perioden 1992-2002 innehåller värden mellan 0 och 100. För att minska antalet klasser så indexeras även detta skikt, BlixtIndex, med värden 1 till 10. Där 1 motsvarar ursprungliga värdena inom intervallet 0-10 och index 10 motsvarar intervallet 90-100.



Figur 8. Skärmdump från det egen tillverkade programmet "Blixten".



Figur 9. Skiktet BlixtIndex är en blixtfrekvenskarta för 1992-2000.

3.1.2.2. Mänsklig faktor

Eldning av avfall, ris och gräs samt dåligt släckta lägereldar är exempel på antändningsrisker orsakade av människan. Ett skikt med friluftsområden och närhet till bebyggelse har i arbetet simulerat var risken för uppkomst av bränder, orsakade av människan, är hög.

Antändningsrisken orsakad av rörligt friluftsliv, till exempel dåligt släckta lägereldar, har representerats med ett rasterskikt `FriluftsoMråde`. Arvika kommuns vektorskikt med kanot- och vandringsleder har utgjort grunden för beräkningarna. Ett buffertområde på 500 meter på vardera sida om vandringslederna antas täcka det område där huvuddelen av lägereldarna finns. För kanotlederna har ett buffertområde på 500 meter runt respektive sjö och vattendrag angivits som motsvarande riskområde ovan. `FriluftsoMråde` har värdet 1 för området inom 500 meter från respektive led och värdet 0 för områden utanför 500 meters gränsen.

Ett skikt, `Bebyggelse`, med 0 till 500 meters avstånd till bebyggelse har representerat det område som kan simulera övriga mänskliga antändningsrisker. Hit räknas eldning av avfall, ris och gräs på tomten samt övrig ovarsamhet med eld. Vektorskikten `tätort` och `byggnader` från ekonomiska kartan har bearbetats med funktionen "*Find Distance*" i ArcViews tillägg `Spatial Analyst`. Alla pixlar med avstånd mellan 0 och 500 meter i skiktet `Bebyggelse` tilldelas värdet 1 medan övriga pixlar tilldelas värdet 0.

Skikten `FriluftsoMråde` och `Bebyggelse` slås därefter samman till skiktet `MänskligFaktor` med indexvärden enligt tabell 5. De områden som enbart är nära bebyggelse eller inom friluftsområdet tilldelas indexvärdet 8, medan områden som både ligger nära bebyggelse och är inom friluftsområdet viktas högre (indexvärde 10).

Tabell 5. *Indexvärden för MänskligFaktor baserat på skikten FriluftsoMråde och Bebyggelse.*

| FriluftsoMråde | Bebyggelse | MänskligFaktor |
|----------------|------------|----------------|
| 0 (Nej) | 0 (Nej) | 1 (Låg) |
| 0 (Nej) | 1 (Ja) | 8 (Medel) |
| 1 (Ja) | 0 (Nej) | 8 (Medel) |
| 1 (Ja) | 1 (Ja) | 10 (Hög) |

3.1.3. Grupp 3. Åtkomlighet och bekämpningssvårighet

Denna grupp skall simulera räddningstjänstens resurs och insatsbehov vid en skogsbrand beroende på hur svårtillgängligt brandplatsen ligger. Till grupp tre hör parametrar som avstånd till närmaste körbara väg och brukliga vattentag samt marklutningens inverkan på svårigheter vid släckningsarbete.

3.1.3.1. Avstånd till väg och avstånd till vattentag

I en undersökning från 1994 (Bratt 1995), gjord av Statistiska centralbyrån och Räddningsverket, framgår att avstånd till väg och vattentag har betydelse för medelstora och stora bränder (100 m² och uppåt). Bränderna blir svårare att bekämpa från marken då vägar fram till brandplatsen saknas och det är svårt att få fram tillräckligt med släckvatten. Av denna anledning skapades två rasterskikt. Ett som anger avståndet till närmaste väg (AvståndVäg) i området samt ett som anger avståndet till närmaste brukliga vattentag (AvståndVatten). Med brukligt vattentag menas här sjöar och vattendrag med rinnande vatten. Mindre och medelstora diken samt gölar finns inte representerade då dessa kan torka ut under sommarhalvåret. Vektorskikten vägar från Lantmäteriets blå karta (vägkartan) samt sjöar och vattendrag från Lantmäteriets ekonomiska karta användes som indata. Vektorskikten bearbetades med funktionen ”Find Distance” i ArcViews tillägg Spatial Analyst. Skikten AvståndVäg och AvståndVatten indexeras från 1 till 10, tabell 6, grundat på statistik från sommaren 1994 (Bratt 1995).

3.1.3.2. Lutningens inverkan på brandbekämpningen

Skiktet Lutning från grupp 1 har kopierats och benämnts LutningBekämpning. Det nya skiktet symboliserar svårigheten att bekämpa en skogsbrand i brant terräng. Viktningen av LutningBekämpning (tabell 6) överensstämmer med en studie gjord i Idaho, USA (Jansson, Pettersson 2002).

Tabell 6. Indexvärden för skikten AvståndVäg, AvståndVatten och LutningBekämpning.

| AvståndVäg | | AvståndVatten | | LutningBekämpning | |
|-------------|-------|---------------|-------|-------------------|-------|
| Avstånd [m] | Index | Avstånd [m] | Index | Lutning [%] | Index |
| 0-200 | 1 | 0-200 | 1 | 0-10 | 1 |
| 200-400 | 2 | 200-400 | 2 | 10-20 | 2 |
| 400-600 | 4 | 400-600 | 4 | 20-30 | 8 |
| 600-800 | 6 | 600-800 | 6 | >30 | 10 |
| 800-1000 | 9 | 800-1000 | 9 | | |
| > 1000 | 10 | > 1000 | 10 | | |

3.1.4. Viktning av parameterskikt

Skikten i de olika grupperna har viktats sinsemellan. Detta för att skiktens inbördes betydelsen för skogsbränders uppkomst och spridning är olika. Samtliga parameterskikt som ingår i undersökning, uppdelat på respektive grupp, framgår av tabell 7.

Tabell 7. Parameterskikt och intervallet på dess indexerade värden som ingår i studien.

| Grupp 1 | | Grupp 2 | | Grupp 3 | |
|---------------------------------|--------------|------------------------|--------------|---|--------------|
| <i>Platsens brandbenägenhet</i> | | <i>Antändningsrisk</i> | | <i>Åtkomlighet och bekämpningssvårighet</i> | |
| <i>Skikt</i> | <i>Index</i> | <i>Skikt</i> | <i>Index</i> | <i>Skikt</i> | <i>Index</i> |
| Lutning | 1-10 | BlixtIndex | 1-10 | AvståndVatten | 1-10 |
| LutningsRiktning | 1-10 | MänskligFaktor | 1-10 | AvståndVäg | 1-10 |
| SkogsBrandVegKarta | 0-10 | | | LutningBekämpning | 1-10 |

I grupp 1 beräknas SkogBrandVegKarta ha störst påverkan (70 %), eftersom den innehåller flera viktiga komponenter som upptorkningstid, fuktighet och antändningsbarhet. Därefter följer inverkan av lutning (20 %) och lutningsriktning (10 %). De inbördes förhållandena mellan skikten överrensstämmer i stort med två studier från Idaho USA (Mattson, Thorén 2002 och Jansson, Pettersson 2002). Skiktet PlatsBrand (figur 10a) kan därmed uttryckas på följande sätt.

Platsens brandbenägenhet, Grupp 1 (figur 10a):

$$\text{PlatsBrand} = 0.2 \times \text{Lutning} + 0.1 \times \text{LutningsRiktning} + 0.7 \times \text{SkogBrandVegKarta} \quad (\text{ekv. 2})$$

Antändningsrisken viktas utifrån statistik från 1994 där blixtnedslag utgör 40 % av kända brandorsaker, vilket är dubbelt så många som bränder orsakade av människan som endast bidrar med 20 %. Av denna anledning viktas skiktet BlixtIndex dubbelt så högt som skiktet MänskligFaktor vid beräkning av skiktet Antändning (figur 10b):

Antändningsrisk, Grupp2 (figur 10b):

$$\text{Antändning} = 0.67 \times \text{BlixtIndex} + 0.33 \times \text{MänskligFaktor} \quad (\text{ekv. 3})$$

För den tredje gruppen, *åtkomlighet och bekämpningssvårighet*, viktas AvståndVäg högst (45 %), därefter AvståndVatten (35 %) och LutningBekämpning (20 %). Avstånd till väg har viktas högre än avstånd till vattentag, beroende på att vid uttryckning har minst ett brandfordon med sig släckvatten. Vattnet kan senare tömmas i en bassäng och fordonet kan gå i skytteltrafik och hämta nytt släckvatten vid närmaste vattentag. Skiktet Åtkomlighet (figur 10c) beskrivs med:

Åtkomlighet och bekämpningssvårighet (figur 10c):

$$\text{Åtkomlighet} = 0.45x \text{ AvståndVäg} + 0.35x \text{ AvståndVatten} + 0.20x \text{ LutningBekämpning} \quad (\text{ekv. 4})$$

Den sammanslagna riskmodellen, med skiktet RiskModell, är ett aritmetiskt medelvärde av skikten PlatsBrand, Antändning och Åtkomlighet.

Sammanlagden riskmodell (figur 11):

$$\text{RiskModell} = (\text{PlatsBrand} + \text{Antändning} + \text{Åtkomlighet}) / 3 \quad (\text{ekv. 5})$$

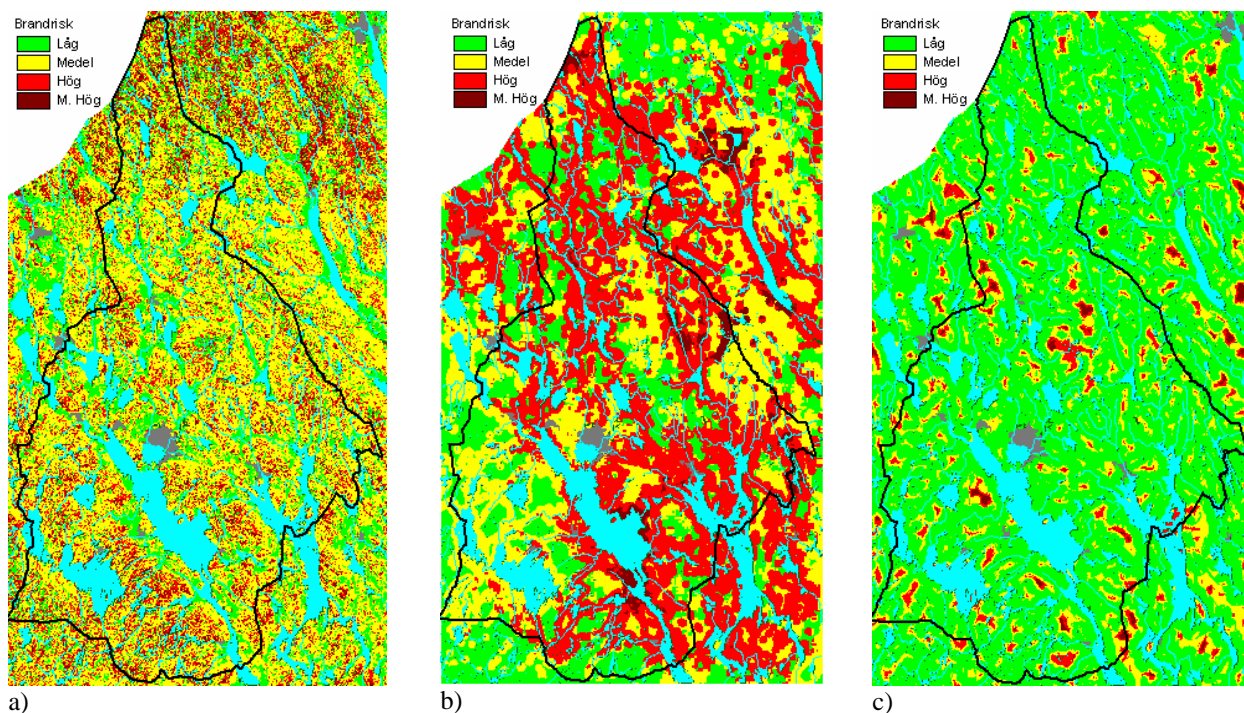
RiskModell (figur 11a) innehåller värden mellan 0 och 10. För att erhålla en mer översiktlig modell, med sammanhängande ytor, har en kopia av skiktet RiskModell filtrerats med kommandot "Neighborhood Statistics" i ArcViews tillägg Spatial Analyst. Varje pixel i skiktet tilldelas det värde som är det vanligaste förekommande värdet (*Majority*) inom ett avstånd på 3000 m. Till skillnad mot skiktet RiskModell så har små ytor försvunnit och endast de större sammanhängande ytorna är kvar (RiskModellGroV, figur 11b).

3.1.5. Koordinatbestämda brandplatser

Under perioden 1993-2002 har 151 skogsbränder rapporterats från Räddningstjänsten i Arvika (insatsrapporter Räddningstjänsten Arvika och statistik från Räddningsverket i Karlstad). Av dessa 151 bränder har 52 st. kunnat lokaliseras till en koordinatbestämd brandplats. Stora Skog, som äger mycket skog i nordvästra delen av kommunen, har bidragit med brandlokaliseringen på deras marker.

3.2. Resultat

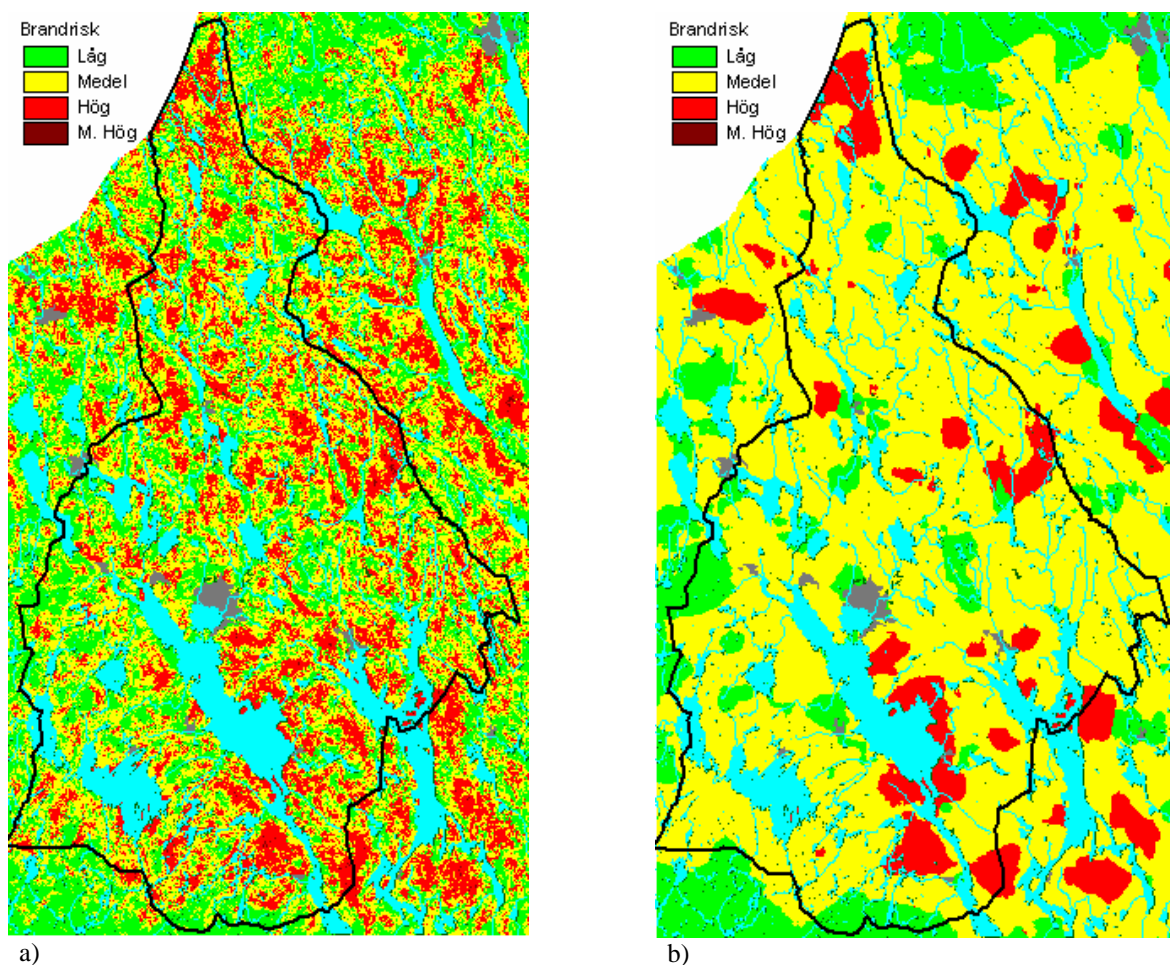
De resulterande skikten i de tre grupperna, *platsens brandbenägenhet*, *antändningsrisk* samt *åtkomlighet och bekämpningssvårighet* innehåller värden mellan 0 och 10 och redovisas i figur 10 med fyra intervall. *Låg*-, *Medel*-, *Hög*- och *Mycket Hög risk*. Låg risk motsvarar indexintervallet 0-3, medel 4-6, hög 7-8 och mycket hög risk indexintervallet 9-10.



Figur 10. a) Grupp1 PlatsBrand, b) Grupp2 Antändning och c) Grupp3 Åtkomlighet.

Den sammanslagna riskmodellen (figur 11) är medelvärde av de tre grupperna och representerar den totala risken för området. Indexintervallen *Låg*-, *Medel*-, *Hög*- och *Mycket Hög risk* skiljer sig något från skikten ovan. Fem är det klart dominerande indexvärdet i riskmodellen och utgör därför ensamt nivån för medelstor risk. Låg risk har tilldelats indexintervallet 0-4, Hög- 6-7 och Mycket hög risk 8-10.

Modellen presenteras i två versioner, en detaljerad modell (figur 11a) och en mer översiktlig modell (figur 11b). De båda modellernas överensstämmelsegrad med de 52 koordinatbestämda bränderna från perioden 1993-1996 samt 2001 och 2002 framgår av tabell 8. I tabellen kan både den procentuella andelen bränder som inträffat inom respektive intervall, och den procentuella andelen med hänsyn tagen till intervallens skillnad i total area avläsas. För den detaljerade modellen har en av bränderna inträffat inom intervallet *Mycket hög risk*. Ytan med mycket hög risk är dock så liten att andelen bränder med hänsyn tagen till ytfördelningen blir 87 %. Om denna brand utesluts är fördelningen mellan intervallen *Låg*, *Medel* och *Hög* 8 %, 46 % respektive 46 % i den detaljerade modellen.

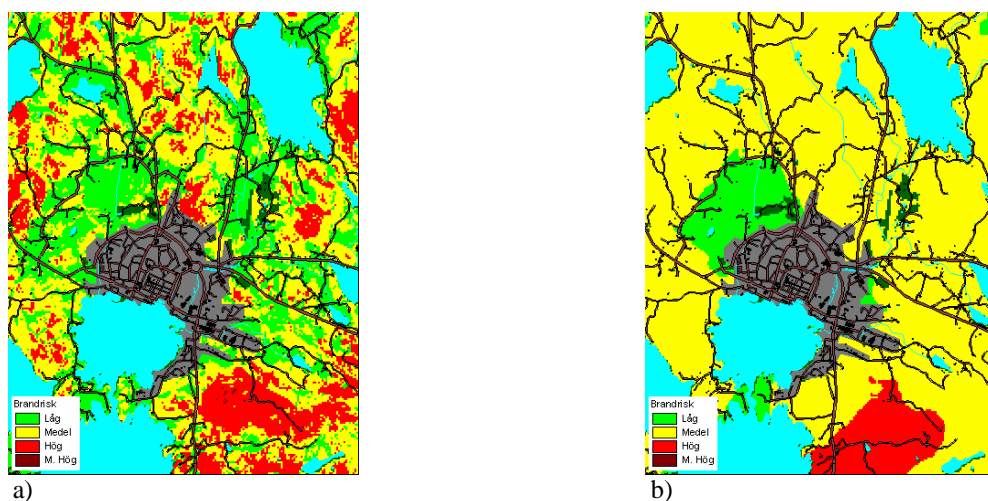


Figur 11. a) Detaljerad- (RiskModell) och b) översiktlig riskmodell (RiskModellGrov).

Tabell 8. Fördelning av kända bränder på olika riskintervall för den detaljerade- och översiktliga riskmodellen. Andel/yta tar hänsyn till skillnaden i area mellan intervallen.

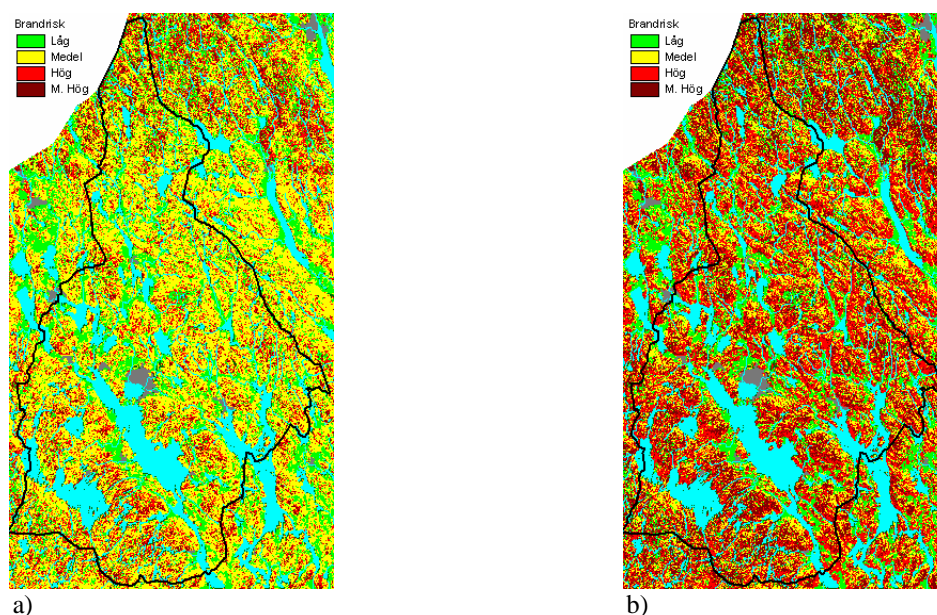
| Intervall | Antal bränder | | Andel (%) | | Yta (ha) | | Andel/Yta (%) | |
|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|---------------|-----------|
| | Detalj. | Översikt. | Detalj. | Översikt. | Detalj. | Översikt. | Detalj. | Översikt. |
| Låg | 6 | 6 | 11 | 12 | 158730 | 103015 | 1 | 23 |
| Medel | 29 | 39 | 56 | 75 | 141252 | 244408 | 6 | 32 |
| Hög | 16 | 7 | 31 | 13 | 78245 | 31124 | 6 | 45 |
| Myck. Hög | 1 | 0 | 2 | 0 | 320 | 0 | 87 | 0 |
| Summa | 52 | 52 | 100 | 100 | 378547 | 378547 | 100 | 100 |

Syftet med översiktsmodellen i figur 11b är att peka ut översiktliga riskområden i kommunen för skogsbränder. Modellen visar på tre huvudriskområden i Arvika kommun: ett i nordligaste delen, ett i sydöstra delen nedanför Glafs fjorden och det tredje i mitten av kommunen. Figur 12 visar en jämförelse mellan den detaljerade- (figur 12a) och den mer översiktliga modellen (figur 12b) över ett mindre område i närheten av Arvika stad. I figuren framgår tydligt att den mer detaljerade modellen innehåller fler små områden med hög brandrisk än vad den översiktliga modellen gör.



Figur 12. Jämförelse mellan a) den detaljerade- och b) den mer översiktliga riskmodellen. Kartan visar Arvika stads närområde.

De tre skikten *platsens brandbenägenhet, antändningsrisk* samt *åtkomlighet och bekämpningssvårighet* innehåller var för sig information som är av intresse. T.ex. kan platsens brandbenägenhet, som simulerar markens upptorkningshastighet och antändningsbarhet, visa på skillnader i brandrisken vid normala och torra förhållanden samt under extremt torra förhållanden. Figur 13 nedan simulerar antändningsbarheten vid olika torrhetsgrader. Vid normala och torra förhållanden är brandrisken på hyggen och tallskog på lav- och lavristyp hög, medan brandrisken även är hög för blandskogsområden samt granskog vid extremt torra förhållanden.



Figur 13. Kartorna simulerar brandrisken, med avseende på markens antändningsbarhet, a) vid normala och torra förhållanden och b) vid extremt torra förhållanden.

4. Del 2. (Perioder med fler bränder än normalt)

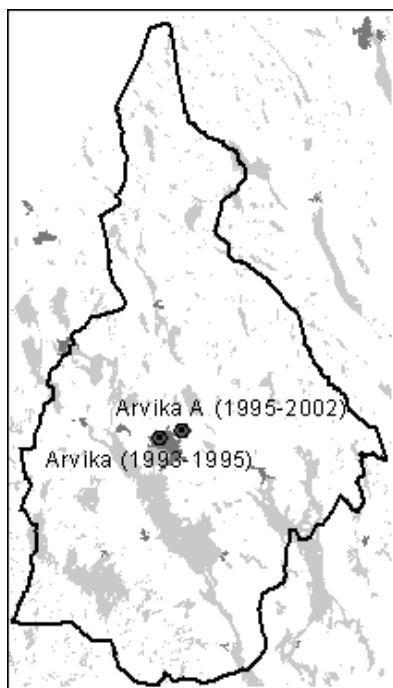
4.1. Metod

Vid beräkning av det kanadensiska brandriskindexet, FWI, krävs temperatur, luftfuktighet och vindhastighet mitt på dagen samt nederbörd baserat på ett dygn. Data från SMHI:s väderstationer i Arvika (figur 14) har använts för den här studien. Den aktuella perioden sträcker sig från 1993 till och med 2002 och har data från två stationer. Väderstationerna är nr 9240 Arvika från 1993-1995 och nr 9241 Arvika A (Automat) från 1995-2002.

De i studien använda parametrarna är temperatur, luftfuktighet och vindhastighet klockan 12 UTC tid (kl. 14 svensk sommartid) och dygnsnederbörden. Dygnsnederbörden erhålls från stationsmätningarna klockan 6 och klockan 18 den aktuella dagen. Uppgifterna kl. 6 och 18 representerar de senaste 12 timmarnas nederbördsmängd.

Ett eget program (figur 15) för att beräkna det kanadensiska väderindexet, FWI, har skapats med hjälp av Microsoft Excel och programmeringsskriptet VBA. Programmet använder sig av Van Wagners beräkningsmodell från 1987 (Van Wagner 1987) och läser in respektive dags meteorologiska parametrar samt gårdagens brandindexnivåer från ett Excel-ark. Det egna programmet har verifierats med en DOS-version (IBM/PC-version of the Canadian Forest Fire Weather Index (FWI) System, Mars 1987) med manuell inmatning av värden.

FWI-Indexet och dess delindex har beräknats årsvis från mars till oktober för att överensstämna med SMHI:s nuvarande beräkningar.



Figur 14. SMHI:s väderstationer i Arvika.

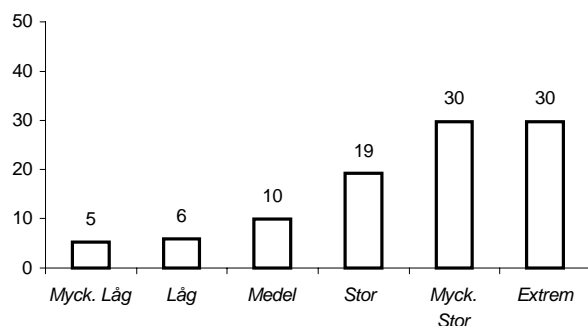


Figur 15. Skärmdump från FWI-programmet

4.2. Resultat

Antalet bränder i Arvika kommun för perioden 1993-2002 varierar från en till 50 bränder per år, tabell 9 (statistik från Räddningsverket i Karlstad samt insatsrapporter Arvika Räddningstjänst). Medianen är 9 bränder per år och får utgöra ”normala” antalet skogsbränder då ett medelvärde blir missvisande med så stor spridning och så få observationer.

Det kanadensiska skogsbrandindexet, FWI, delas in i sex stycken intervall. Intervallen benämns *Mycket Låg*, *Låg*, *Medel*, *Stor*, *Mycket stor* och *Extrem* risk. 79 % av skogsbränderna under perioden 1993 till 2002 inträffade under *stor* till *extrem* brandrisk jämfört med 11 % för *mycket låg* till *låg* brandrisk samt 10 % för *medelstor* brandrisk. Figur 16 visar hela fördelningen av bränderna inom respektive indexintervall.

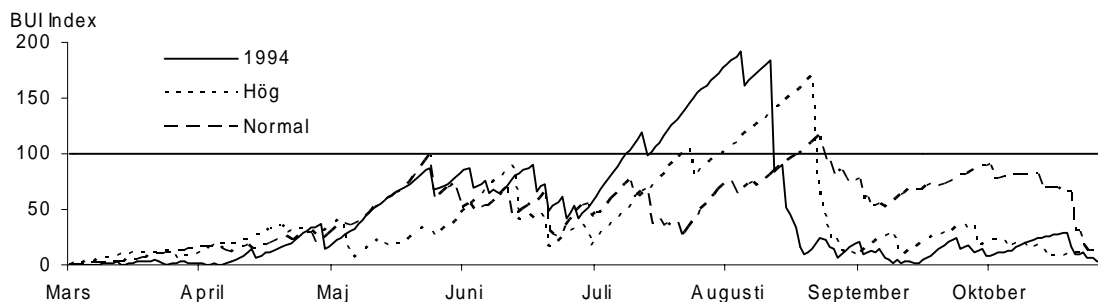


Figur 16. Fördelning (%) av inträffade bränder på respektive indexintervall under perioden 1993-2002.

Tabell 9. Skogsbränder för perioden 93-02.

| År | Antal Bränder |
|---------------|---------------|
| 1993 | 9 |
| 1994 | 50 |
| 1995 | 8 |
| 1996 | 17 |
| 1997 | 29 |
| 1998 | 1 |
| 1999 | 8 |
| 2000 | 9 |
| 2001 | 8 |
| 2002 | 12 |
| <i>Summa</i> | <i>151</i> |
| <i>Median</i> | <i>9</i> |

Av tabell 9 framgår att 50 skogsbränder inträffade under sommaren 1994 jämfört mot ”normala” nio bränder. För att kunna förutspå om liknande förhållande som 1994 kan uppstå har delindexet, BUI (Bildup Index), i det kanadensiska brandrisksystemet undersökts. BUI kan ses som ett allmänt fuktighetsmått för de något djupare markskikten. Indexet beräknas som ett viktat medelvärde mellan DMC (Duff Moisture Code) och DC (Drought Code), där DMC simulerar fukthalten i de översta marklagren medan DC anger fukthalten i ett tjockt organiskt markskikt (jämför sid 8). BUI kan även ses som ett mått på andelen total bränslemängd som kommer att vara involverad i branden, dvs. som är tillräckligt torr för att kunna brinna (Granström, Schimmer1998).



Figur 17. Kurvor över BUI för 1994, Hög vilket motsvarar maxvärdet av åren 1996 och 1997 samt Normal som motsvarar maxvärdet av åren 1993, 1995, 1998, 1999, 2000, 2001 och 2002.

Det maximala BUI-värdet för 1994 var högre än för övriga år. I figur 17 jämförs BUI-värdet för 1994 med två grupper av år. En *Hög* som motsvarar åren 1996 och 1997 då 29 respektive 17 bränder inträffade samt en *Normal* kurva för övriga år. Kurvorna *Hög* och *Normal* i figur 17 redovisar det högsta värdet respektive dag för de år som ingår i gruppen. Det vågräta strecket vid indexvärdet 100 har lagts in som en kritisk gräns. År med indexvärden över 100 (1994, 1996 och 1997) uppvisar flest bränder. Undantaget är år 1995, som tillhör gruppen *Normal* med endast åtta bränder, som också passerade 100-gränsen i mitten av augusti månad.

Juli och augusti är de månader då flest skogsbränder inträffat, tabell 10, under perioden 1993-2002 i Arvika kommun (statistik från Räddningsverket i Karlstad samt insatsrapporter Arvika Räddningstjänst). Det är därför av intresse att kunna förutse huruvida det är en normalrisk- eller en högrisksommar för skogsbränder under dessa månader. Med stöd av figur 17 kan bevakning och beredskap, vad gäller skogsbränder, ökas hos berörda räddningstjänster när BUI-indexet överstiger värdet 100.

Tabell 10. *Antalet skogsbränder för perioden 1993-2002 fördelat på månad.*

| <i>Månad</i> | <i>Antal Bränder</i> |
|--------------|----------------------|
| Mars | 7 |
| April | 17 |
| Maj | 21 |
| Juni | 17 |
| Juli | 46 |
| Augusti | 34 |
| September | 7 |
| Oktober | 2 |
| <i>Summa</i> | <i>151</i> |

5. Diskussion

5.1. Del 1.

Både den detaljerade- och den mer översiktliga riskmodellen uppvisar fler bränder inom intervallet *Medel-* och *Hög* risk jämfört med antalet bränder inom intervallet *Låg* risk. I arbetet har hänsyn också tagits till intervallens olika areor, vilket har ökat överensstämmelsegraden och minskat sannolikheten att bränderna uppträder slumpmässigt.

Endast en tredjedel av alla bränder som inträffat i Arvika under perioden är koordinatbestämda. Den stora osäkerheten beror till stor del på att det är svårt för de brandmän som närvarat vid släckningen att exakt peka ut brandplatsen. I vissa fall är det 10 år sedan bränderna inträffade och såväl skogslandskap som tillfartsvägar kan ha förändrats. Det stora bortfallet i koordinatsatta bränder ökar osäkerheten i riskmodellen och gör det svårare att bedöma modellens överensstämmelsegrad. För att kunna förbättra modellen bör framtida bränder koordinatsättas i direkt samband med brand och läggas till i det statistiska underlaget. En kontinuerlig uppföljning skulle kunna bekräfta modellens överensstämmelsegrad.

För och nackdelar med de ingående faktorerna i riskmodellen diskuteras nedan.

Lutning och lutningsriktning

I två studier från USA (Mattson, Thorén 2002 och Jansson, Pettersson 2002) samt i den kanadensiska FBP-modellen (ANON. 1992), tas hänsyn till lutning och lutningsriktning. Betydelsen av lutning och lutningsriktning har i de två studierna och modellen viktats lågt i förhållande till faktorer som vegetationstyp, bränslemängd och upptorkningshastighet. Den här studien har också viktat lutning och lutningsriktning lågt, vilket medför att en stor lutning (> 40 %) endast höjer indexvärdet för ett område med 2 indexnivåer och en lutningsriktning i syd till sydväst höjer indexnivån med endast 1 enhet på en 10 gradig skala. Den låga viktningen motiveras av att lutningen framförallt gör att branden sprider sig snabbare inte att den lättare uppkommer där. Dessutom är skillnaden i upptorkningshastighet beroende på väderstreck liten i förhållande till skillnaden i upptorkningshastighet mellan olika vegetationstyper.

Noggrannheten på marklutningen, som anges som den procentuella skillnaden i nivå mellan två intilliggande pixlar, beror av vilken typ av höjddata som använts. För att erhålla data över hela försöksområdet har den nationella höjddatabasen använts. Den nationella höjddatabasen har i sin högsta upplösning gridstorleken 50x50 meter och noggrannheten 2,5 meter (Lundberg 2002). Höjdvariationer på en yta av mindre än 50 meter i markplanet riskerar därmed att inte redovisas. Alternativet är att använda sig av mera noggranna lokala höjdsystem med högre upplösning, men då kan endast ett mindre område studeras.

Skogsbrandsvegetationskartan

SkogBrandVegKarta är det skikt i studien som består av flest olika delskikt och bearbetningar. Sammanslagning av Lantmäteriets vegetationskarta och Länsstyrelsens klassade satellitbild har resulterat i ett heltäckande vegetations-skikt uppdelat i sex klasser över försöksområdet. Orsaken till att vegetationskartan används, är att utifrån vegetationen kunna få en uppfattning om markens fuktighet och därmed även få information om upptorkningshastigheten.

Upptorkningshastighet och antändningsbarhet har även studerats utifrån dominerande trädslag (gran, tall och blandskog) samt hyggen. Enlig Schimmel (muntlig kontakt 2003) är skogens slutenhet (*grundyta*), dvs. hur stor andel av ytan som består av träd, en av de viktigare aspekterna för upptorkningshastigheten. Tyvärr finns inte information om grundyta att tillgå i digital form över Arvika kommun vid tiden för denna rapport (Nyman, muntlig kontakt 2003). I studien simuleras slutenheten genom att hänsyn tas till dominerande trädslag. Generellt är tallskog mer öppen än granskog (lokala avvikelser finns dock) och viktas därför högre. Ytterligare en orsak till att studera dominerande trädslag är att kunna dela upp vegetationsgruppen, *Frisk Barrskog*, som utgör 73 % av den trädbevuxna ytan i mindre undergrupper.

En studie vid Svartberget strax norr om Vindeln i Västerbotten (Granström, Schimmel 1998) visar att den snabbaste upptorkningshastigheten och den lättaste antändningen sker på hyggen. Redovisningen av hyggen har i studien baserats på Skogsvårdsstyrelsens skogsåldersklassade satellitbild från 2001 samt en satellitbild med nytillkomna hyggen för 2002. Lantmäteriets vegetationskarta innehåller också ett skikt med skogsbeståndets ålder och hyggen. Satellitbilderna har valts som indata då uppgifterna för dessa kommer från ett och samma tillfälle för hela området. Vegetationskartan över områdets åldersfördelning består av en digitaliseringsperiod från 1995 till 1999, vilket medför att hyggen från 1995 inte räknas som hyggen i dag. Dessutom är vegetationskartan, som tidigare nämnts, inte digitaliserad för hela försöksområdet.

Hyggen har endast representerats med en klass i skiktet *SkogBrandVegKarta*. Orsaken är att skillnader i upptorkningstid på hyggen, mellan olika vegetationsklasser, i allmänhet betraktas som liten i förhållande till olika vegetationstyper utan hyggen (Schimmel, muntlig kontakt 2003).

Blixtfrekvenskartan

Blixtfrekvenskartan har bearbetats fram genom att använda data från blixtnedslag under perioden 1992-2002. Antalet pejlar som registrerar blixtnedslagen har ökat under perioden, vilket medfört att felmarginalen på blixtnens korrekta nedslagsplats har minskat. Perioden 1992-2000 var felmarginalen ca 5 km, därefter har den blivit bättre. Hur bra har inte verifierats. I samråd med Thomas Götschel vid Uppsala universitet har felmarginalen 1 km valts för perioden 2001-2002 (Götschel, muntlig kontakt 2003).

Metoden i arbetet bygger på att varje blixts korrekta nedslagsplats är inom en radie, som utgörs av felmarginalen, från den aktuella blixtnens position. En alternativ metod att bestämma blixtfrekvensen är att dela upp området i ett större rutnät och räkna antalet nedslag inom varje ruta. Problemet med en sådan metod är att ingen hänsyn tas till felmarginalen. Det betyder att flera blixtar på gränsen mellan två rutor kan leda till missvisande statistik.

Det finns två sätt att se på blixtfrekvensen som en risk faktor. Ena sättet, som använts i studien, skattar risken för antändning via blixtnedslag. Det går även att vända på resonemanget och anta att områden med hög blixtfrekvens också får större regnmängder på grund av fler åskväder. Åskväder följs ofta av stora nederbörds mängder, varvid fuktigheten i marken ökar och brandrisken blir lägre.

Antändningsrisker orsakade av människan

De skogsbränder som är orsakade av människan, är de som är svårast att bearbeta statistiskt. Det finns stråk där människor rör sig mer frekvent, exempelvis utefter vandringsleder och i

närhet av bebyggelse. Inom och i närheten av denna typ av områden anses risken för antändning av människan störst och har därför indexerats högst. Ökad brandrisk kan relateras till dåligt släckta lägereldar i denna typ av friluftsområden, men även till där människor eldar skräp, ris och gräs under ovarsamma förhållanden. Problemet med antändningsrisker orsakade av människan är att människor rör sig även utanför utsatta vandringsleder och friluftsområden, vilket ökar osäkerheten i simuleringarna. I Sverige råder allemansrätt som leder till en ökad rörlighet i friluftslivet och även till att områden med låg antändningsrisk ändå kan uppvisa hög frekvens av skogsbränder.

Åtkomlighet och bekämpningssvårigheter

Syftet med gruppen *åtkomlighet och bekämpningssvårighet* är att ur räddningstjänstens perspektiv visa på områden där en skogsbrand är svårare att bekämpa. De faktorer som representerar åtkomlighet och bekämpningssvårigheter i arbetet är avstånd till väg och vattentag samt marklutning. Avstånd till väg och vattentag visar på svårigheter att på ett effektivt sätt kunna bekämpa branden från marken. Lutningens betydelse för släckningsarbetet, är att en brand i en uppførsbacke sprider sig mycket snabbt och intensivt. Lutningen kan också ställa till med problem vid eftersläckning, då branden kan leta sig djupare ner i marksikt och skrevor i brant sluttande terräng.

Tillgång på släckvatten är en nödvändighet för att bränder skall kunna bekämpas effektivt. Trots detta har avstånd till närmsta väg viktats högre än avstånd till närmsta vattentag. Orsaken är att möjlighet finns att köra vatten med brandfordon till brandplatsen.

Kvalitén på skikten *AvståndVäg* och *AvståndVatten* beror till stor del på noggrannheten på Lantmäteriets vektorskikt vägar från blå kartan (vägkartan) och vatten och vattendrag från ekonomiska kartan. Det som t.ex. inte finns representerat är vägbommar och andra hinder som kan stoppar fordonstrafik.

5.2. Del 2.

Väderdatat för perioden 1993-2002 som använts i studien kommer från SMHI:s två väderstationer mitt i Arvika kommun (figur 14 sid 26). Platser som ligger långt ifrån väderstationerna får ett mer osäkert värde. Mesoskalig analys (MESAN), som används som väderinformation i Räddningsverkets och SMHI:s webbapplikation ”Brandrisk i skog och mark” (jämför sid 9), kan ge mera lokala variationer för området. Anledningen att data från väderstationerna har använts i studien i stället för MESAN är att MESAN endast finns att tillgå från och med december 1997 (Boqvist muntlig kontakt 2003).

Överrensstämelsen mellan det kanadensiska brandindexet (FWI) är, trots osäkerheten i väderdatat, bra. 79 % av skogsbränderna under perioden 1993 till 2002 inträffade under *Stor* till *Extrem* brandrisk, varvid indexet är användbart för att förutsäga brandrisken för stunden.

En undersökning från 1997 (Gardelin 1997) visar att FWI har bäst korrelation med *storleken* på bränderna. Bäst korrelation mot *antalet* bränder har däremot indexet BUI, vilket stödjer teorin att förutsäga perioder med fler bränder än normalt genom att studera BUI-indexet. Det som däremot inte tas upp i någon av de studier jag läst är någon form av *kritisk gräns* där fler bränder än normalt kan förväntas. Anledningen är troligen att en sådan gräns kan vara lokalt betingad och därmed inte går att applicera generellt. För den undersökta perioden 1993-2002 i Arvika kommun förefaller den kritiska BUI nivån ligga runt 100 indexenheter.

Åren 1994, 1996 och 1997 inträffade 50, 17 respektive 29 bränder jämfört med medianen på 9 bränder (under perioden 1993-2002). De tre åren 1994, 1996 och 1997 överskred 100 indexenheter. År 1995 överskreds också nivån 100 indexenheter. Detta trots att det år 1995 endast inträffade åtta bränder. Fem av dessa bränder inträffade dock under en mycket kort period i augusti månad och kan därför vara en möjlig förklaring till det höga BUI-indexet under 1995.

5.3. Tillämpningsområden för arbetet

Den detaljerade riskkartan kan vara ett verktyg och underlag för såväl räddningstjänsten som för berörda myndigheter. Modellen kan bl.a. användas för planering av eldstäder efter vandringsleder och utfärdande av eldningsförbud under torra förhållanden. Översiktsmodellen riktar sig mer mot regionalplanering där större sammanhängande riskområden pekas ut.

SMHI:s webbapplikation ”Brandrisk i skog och mark” kan med fördel användas för att bedöma skogsbrandsrisken i kommunen. Applikationen är tillämpbar både för att ge skogsbrandsrisken för stunden (FWI) och även när det riskerar att blir fler bränder än normalt (BUI-värden över 100 indexenheter) som under sommaren 1994.

5.4. Fortsatta studier

Ett utforskat område i Sverige är en test av den kanadensiska beräkningsmodellen, FBP, som simulerar spridning och förlopp hos en skogsbrand. Här borde försök göras för att jämföra den kanadensiska vegetationens brandförlopp mot den vegetation vi har i Sverige.

SMHI:s markfuktighetsmodell (HBV) visar i princip samma sak som det kanadensiska indexet BUI (Gardelin, muntlig kontakt 2003). Fördelen med HBV-modellen är att den är kalibrerad mot svenska förhållanden. Det skulle därför vara intressant att se vid vilka nivåer på HBV då fler bränder än normalt inträffar, samt om det är möjligt att finna en kritisk gräns.

6. Slutsatser

Målet med studien var att åstadkomma en riskmodell för skogsbränder som kan vara ett underlag vid planering på såväl lokal- som regional nivå.

Den i studien framtagna riskkartan över Arvika kommun kan peka på områden där risken för skogsbränder är hög och har på så vis uppfyllt sitt syfte.

Studien har även visat en möjlig metod att förutsäga risken att fler bränder än normalt inträffar i Arvika kommun. Detta genom att studera när indexet BUI, i det kanadensiska brandrisksystemet, överskrider nivån 100 indexenheter.

7. Referenser

Aktuellt från Räddningsverket. (2002) *Skogsbrandsbevakning med flyg*. Aktuellt Nr 1 januari 2002, Statens Räddningsverk, Karlstad.

Anonymus. (1992) *Development and structure of the Canadian forest fire behaviour prediction system*. Forestry Canada Information report ST-X-3.

Arnberg, W. Arnborg, S. Eklundh, L. Harrie, L. Hauska, H. Olsson, L. Pilesjö, P. Rystedt, B. Sandgren, U. (1999) *Geografisk informationsbehandling, metoder och tillämpningar*, UII, Bygghörsningsrådet, ISBN 91-540-5841 4.

Bratt, M. (1995) *Undersökning om skogsbränder 1994*. Observatörsrapport, R53-120/95, Statens Räddningsverk, Karlstad.

Carlberg, C. Ögren, P. (1996) *Spridningsmodell för skogsbrand med hjälp av GIS*, examensarbete, Luleå tekniska universitet, ISSN 0349-6023.

Carlsson Dunn, I. Björklund, M. (2003) *Att bygga ett säkrare samhälle. Exempel på hur några kommuner tagit fram risk- och sårbarhetsanalyser och förslag till åtgärdsprogram*. Rapport 2003:4, Länsstyrelsen Värmland.

Gradelin, M. (1997) *Brandriskprognoser med hjälp av en kanadensisk skogsbrandsmodell*. FoU-rapport P21-168/97, Statens Räddningsverk, Karlstad.

Gradelin, M. (1998) *Brandriskvärden beräknade ur analyserade meteorologiska indata*. FoU-rapport P21-217/98, Statens Räddningsverk, Karlstad.

Granström, A. Schimmel, J. (1998) *Utvärdering av det kanadensiska brandrisksystemet. Testbränningar och uttorkningsanalyser*. FOU-rapport P21-244/98, Statens Räddningsverk, Karlstad.

Jansson, C. Petterson, O. (2002) *Wildland/Urban Interface and Communities at Risk*, Joint Fire Modeling Project, Bureau of Land Management, Upper Snake River District GIS and Idaho State University GIS Training and Research Center, examensarbete.

Johnson E. A. Miyanishi, K. (2001) *Forest fire: Behavior and ecological effects*. San Diego: Academic Press ISBN 0-12-386660-x.

Lundberg, C. (2000) *Osäkerhet i översvämningsanalyser –Bedömning och visualisering*. Teknisk rapport, Luleå tekniska universitet, ISSN 1402-1536.

Lundquist, S. Götschl, T. (1995) *Användning av blytlokalisering för indikering av skogsbrand*. Räddningstjänstavdelningen, Metod och teknik, R53-124/95, Statens Räddningsverk, Karlstad.

Mattson, D. Thorén, F. (2002) *Wildland/Urban Interface and Communities at Risk*, Joint Fire Modeling Project, Bureau of Land Management, Upper Snake River District GIS and Idaho State University GIS Training and Research Center, examensarbete.

Sandahl, Leif. (1996) *GIS inom räddningstjänst. Årsrapport för utvecklingsarbete mellan Räddningsverket och Lantmäteriverket 1996*. R19-176/97, Statens Räddningsverk, Karlstad.

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.

Muntliga kontakter

Boqvist, C. SMHI, Norrköping, 2003-05-26.

Gardelin, M. Forskare, SMHI, Norrköping, 2003-05-23.

Götschl, T. Avdelningen för elektricitetslära och åskforskning, Uppsala universitet, Uppsala, 2003-03-10.

Jernstedt, B. Handläggare, Länsförsäkringar Värmland, Karlstad, 2003-05-21.

Lindgren, B. Meteorolog, SMHI, Norrköping, 2003-04-14

Nyman, P. Skogsvårdsstyrelsen Värmland, Karlstad, 2003-05-12.

Schimmel, J. Forskare, SLU, Umeå, 2003-05-12.

Elektronisk referenser

SLU, *Skogen Brann Oftare Förr* (2001)

<http://www.svek.slu.se/Forskning/SKOBRAND.HTM> (2003-04-08).

Övrig Referens

Östman, A. (2002) *Pseudospråk för spatial analys*, Studie material för Geografisk informationsteknik vid Luleå tekniska universitet.

8. Bilagor

| | | |
|------------------|--|----|
| Bilaga 1. | <i>Pseudospråk för skiktframställning</i> | 1 |
| Bilaga 2. | <i>Förklaring till Pseudospråk</i> | 20 |
| Bilaga 3. | <i>Konverteringsnyckel för lantmäteriets vegetationskarta</i> | 27 |
| Bilaga 4. | <i>Konverteringsnyckel för vegetationsklassad satellitbild</i> | 28 |

Grupp 1. Brandens placering

1.1 Marklutning (Lutning) och marklutningens riktning (LutningsRiktning)

Incremental Function

Indata: Höjder (höjd över havet i meter)

TempLutning(x_i, y_i) = Gradient(Höjder(x_j, y_j)) (se bilaga 2 för förklaring)
 $(x_j, y_j) \in 8\text{-Connect}(x_i, y_i)$

TempRiktning1(x_i, y_i) = Aspect(Höjder(x_j, y_j))
 $(x_j, y_j) \in 8\text{-Connect}(x_i, y_i)$

Local Function

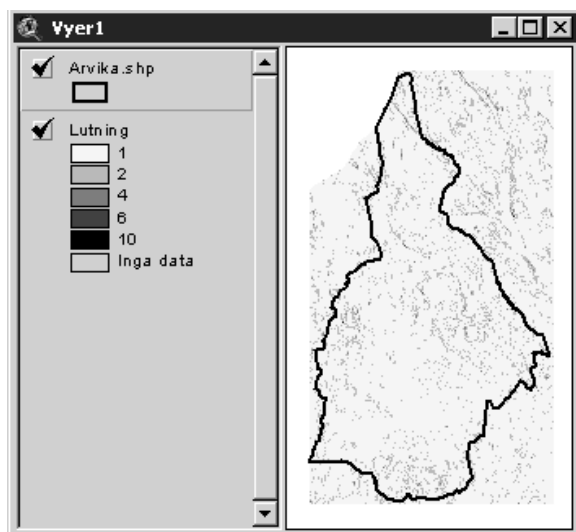
Indata: TempLutning (lutning i procent), TempRiktning1 (lutningsriktning i grader)

Lutning(x_i, y_i) = Reclassify(TempLutning(x_i, y_i))
 0-10 → 1
 10-20 → 2
 20-30 → 4
 30-40 → 6
 40- → 10

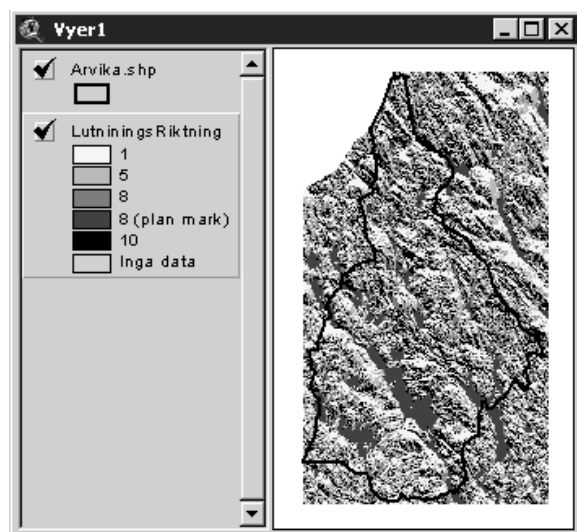
PlanMark(x_i, y_i) = Reclassify(TempLutning(x_i, y_i))
 0-3 → -1
 3- → 1

TempRiktning2(x_i, y_i) = Product(TempRiktning1(x_i, y_i), PlanMark(x_i, y_i))

LutningsRiktning(x_i, y_i) = Reclassify(TempRiktning2(x_i, y_i))
 -360-0 → 8 (plan mark)
 0-67.5 → 1
 67.5-112.5 → 5
 112.5-157.5 → 8
 157.5-247.5 → 10
 247.5-292.5 → 8
 292.5-360 → 1



Lutning



LutningsRiktning

1.2 Skogsbrandsvegetationskarta (SkogsBrandVegKarta)

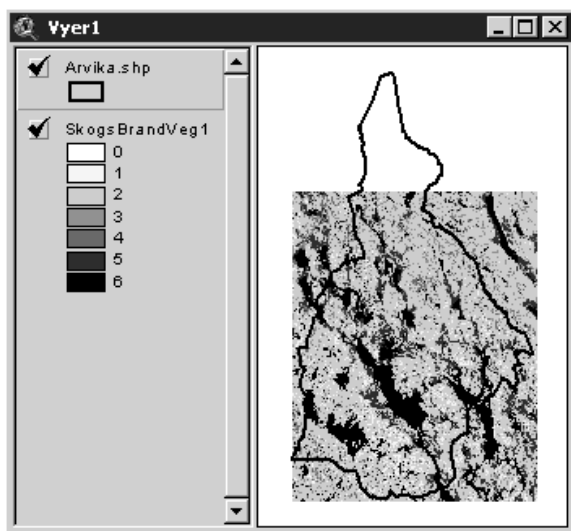
1.2.1 Konvertering från lantmäteriets vegetationskarta (VegKod) till SkogsBrandVeg1.

Local Function:

Indata: VegKod (innehåller värden mellan 1 och 98)

$$\text{SkogsBrandVeg1}(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(\text{VegKod}(x_i, y_i))$$

| | | |
|------|------|--------|
| 1→6 | 44→4 | 77→5 |
| 2→6 | 45→3 | 78→5 |
| 3→6 | 46→4 | 79→5 |
| 6→2 | 47→4 | 80→4 |
| 7→6 | 48→4 | 83→4 |
| 9→6 | 49→4 | 84→6 |
| 10→1 | 50→4 | 85→6 |
| 11→1 | 51→4 | 86→5 |
| 12→1 | 52→4 | 87→5 |
| 13→2 | 53→4 | 88→5 |
| 16→3 | 55→4 | 89→2 |
| 17→3 | 56→4 | 90→5 |
| 20→2 | 57→4 | 91→5 |
| 23→3 | 58→4 | 92→6 |
| 26→4 | 59→4 | 93→6 |
| 27→4 | 60→5 | 94→3 |
| 30→4 | 61→5 | 95→6 |
| 32→4 | 63→5 | 96→5 |
| 35→3 | 68→5 | 97→6 |
| 39→4 | 70→5 | 98→6 |
| 40→4 | 71→5 | Void→0 |
| 43→4 | 76→5 | |



SkogBrandVeg1

Bilaga 1

Pseudospråk för skiktframställning

1.2.2. Konvertering av länsstyrelsens vegetationsklassade satellitbild, SatellitKod, till SkogsBrandVeg2.

Local Function:

Indata: SatellitKod (innehåller värden mellan 1 och 19)

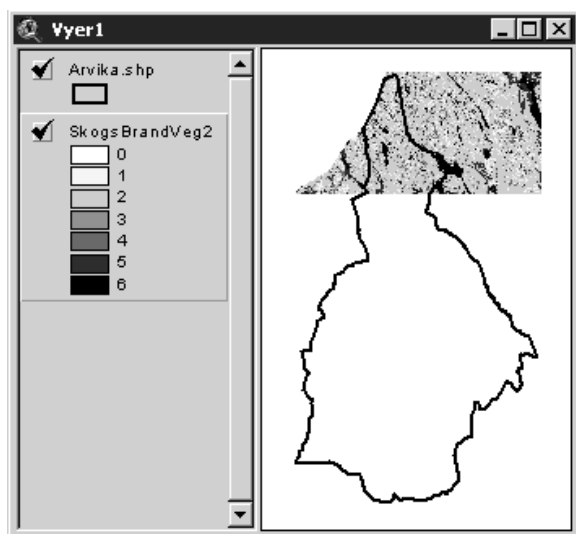
$\text{HyggenVoid}(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(\text{SatellitKod}(x_i, y_i))$

| | | |
|----------------|------|--------|
| 1→6 | 8→3 | 15→6 |
| 2→2 | 9→3 | 16→5 |
| 3→1 | 10→4 | 17→6 |
| 4→2 | 11→5 | 18→2 |
| 5→void (hygge) | 12→5 | 19→5 |
| 6→void (hygge) | 13→6 | Void→0 |
| 7→2 | 14→2 | |

Focal Proximity Function:

Indata: HyggenVoid (innehåller värden mellan 0 och 6, samt void för hyggen)

$\text{SkogsBrandVeg2}(x_i, y_i) = \text{Neighbour}(\text{HyggenVoid}(x_j, y_j))$
 $(x_j, y_j) \in \text{Distance}(x_i, y_i, 0, \infty)$



SkogsBrandVeg2

Bilaga 1

Pseudospråk för skiktframställning

1.2.3. Sammanslagning av SkogsBrandVeg2 och SkogsBrandVeg2 till SkogsBrandVegTot .

Local Function (Arithmetic):

Indata: SkogsBrandVeg1, SkogsBrandVeg2 (innehåller värden mellan 0 och 6)

$\text{SkogsBrandVegTemp}(x_i, y_i) = \text{Sum}(\text{SkogsBrandVeg1}(x_i, y_i), \text{SkogsBrandVeg2}(x_i, y_i))$

Local Function:

Indata: SkogsBrandVegTemp (innehåller värden mellan 0 och 6)

$\text{SkogsBrandVegTot}(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(\text{SkogsBrandVegTemp}(x_i, y_i))$

0→void

1→1

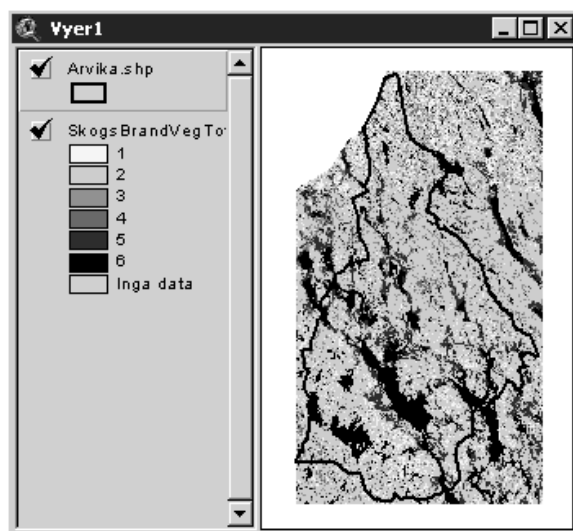
2→2

3→3

4→4

5→5

6→6



SkogsBrandVegTot

Bilaga 1

1.2.4. Skiktet **TrädTyp** skapas av Skogsvårdsstyrelsens tre skikt **AndelLöv**, **AndelGran** och **AndelTall** med andelen i procent av dominerande trädslag.

Local Function:

Indata: **AndelLöv**, **AndelGran**, **AndelTall** (innehåller värden mellan 0 och 100)

LövDominans(x_i, y_i) = Reclassify(**AndelLöv**(x_i, y_i))
0-59 → 0
60-100 → 1

GranDominans(x_i, y_i) = Reclassify(**AndelGran**(x_i, y_i))
0-59 → 0
60-100 → 2

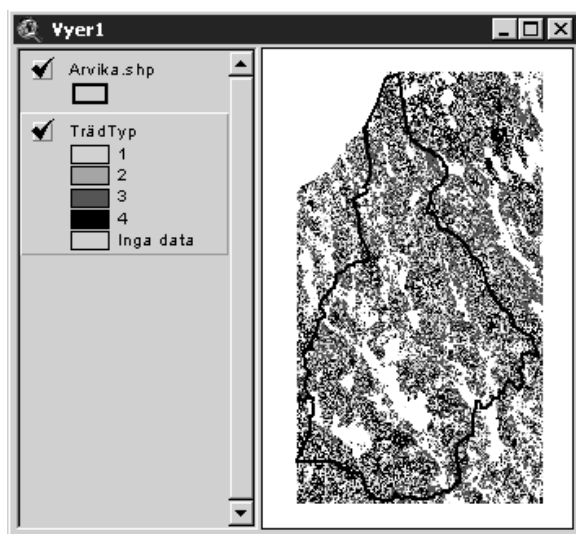
TallDominans(x_i, y_i) = Reclassify(**AndelTall**(x_i, y_i))
0-59 → 0
60-100 → 3

Local Function (Arithmetic)

Indata: **LövDominans**, **GranDominans**, **TallDominans** (innehåller värden 0, 1, 2 eller 3)

TrädTyp(x_i, y_i) = Sum(**LövDominans**(x_i, y_i), **GranDominans**(x_i, y_i), **TallDominans**(x_i, y_i)) + 1

I **TrädTyp** motsvarar värdet ett blandskog, värdet två lövskog, värdet tre granskog samt värdet fyra tallskog.



TrädTyp

Bilaga 1

Pseudospråk för skiktframställning

1.2.5. Skogsvårdsstyrelsens två skikt SkogÅlder2001 och NyaHyggen2002 har använts för att skapa skiktet SkogÅlder2002 med uppgifter om skogens ålder (år).

Local Function (Arithmetic)

Indata: SkogÅlder2001 (innehåller värden mellan 0 och 215)

$$\text{Ålder2002UtanNyaHyggen}(x_i, y_i) = (\text{SkogÅlder2001}(x_i, y_i) + 1)$$

Local Function:

Indata: NyaHyggen2002 (innehåller värdet 1 för hygge annars void)

$$\text{Hyggen2002}(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(\text{NyaHyggen2002}(x_i, y_i))$$

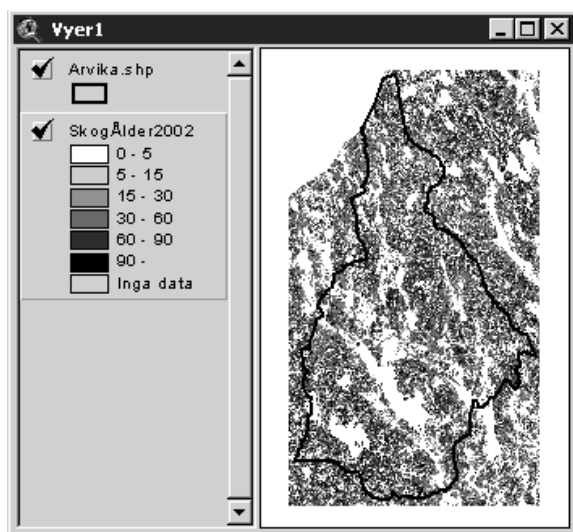
$$1 \rightarrow 0$$

$$\text{void} \rightarrow 1$$

Local Function (Arithmetic)

Indata: ÅlderUtanNyaHyggen2002, Hyggen2002 (innehåller värden mellan 0 och 216)

$$\text{SkogÅlder2002}(x_i, y_i) = \text{Product}(\text{ÅlderUtanNyaHyggen2002}(x_i, y_i), \text{Hyggen2002}(x_i, y_i))$$



skogÅlder2002

1.2.6. Skapande av den slutliga skogsbrandsvegetationskartan SkogsBrandVegKartaLocal Function

Indata: SkogsBrandVegTot (värden 0 till 6), TrädTyp (värden 1 till 4), SkogÅlder2002 (värden 0 till 216)

VegKlass2Nolla(x_i, y_i) = Reclassify(SkogsBrandVegTot (x_i, y_i))

1→1
2→0
3-6→1

VegKlass2Etta(x_i, y_i) = Reclassify(VegKlass2Nolla (x_i, y_i))

0→1
1→0

VegKlassTemp1(x_i, y_i) = Reclassify(TrädTyp (x_i, y_i))

1→7
2→7
3→8
4→9

BaraHygge(x_i, y_i) = Reclassify(SkogÅlder2002 (x_i, y_i))

0-5→0
6-216→1

Local Function (Arithmetic)

Indata: SkogsBrandVegTot (värden 0 till 6), VegKlass2Nolla (Vegklass2 = 0 annars 1), VegKlass2Etta (Vegklass2 = 1 annars 0), BaraHygge (hygge = 0 annars 1), VegKlassTemp1 (värden 7, 8 eller 9)

VegKlassTemp2(x_i, y_i) = Product(VegKlassTemp1(x_i, y_i), VegKlass2Etta(x_i, y_i))

VegKlassTemp3(x_i, y_i) = Product(SkogsBrandVegTot(x_i, y_i), VegKlass2Nolla(x_i, y_i))

VegKlassTemp4(x_i, y_i) = Sum(VegKlassTemp2(x_i, y_i), VegKlassTemp3(x_i, y_i))

VegKlassTemp5(x_i, y_i) = Product(VegKlassTemp4(x_i, y_i), BaraHygge(x_i, y_i))

Bilaga 1

Pseudospråk för skiktframställning

Local Function

Indata: VegKlassTemp5 (värden 0 till 9)

SkogsBrandVegKarta(x_i, y_i) = Reclassify(VegKlassTemp5(x_i, y_i))

0→10

1→9

3→4

4→2

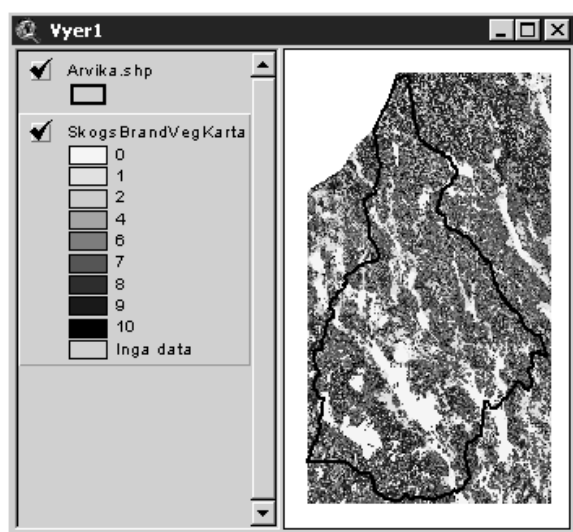
5→1

6→0

7→7

8→6

9→8



SkogsBrandVegKarta

Grupp 2. Antändningsrisk

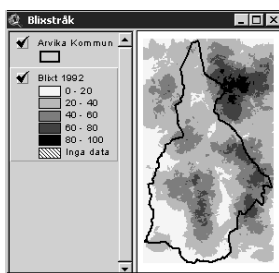
2.1 Blixtfrekvenskarta (BlixtIndex)

Local Function

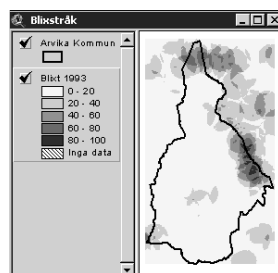
Indata: Blixt1992_2002 (värden mellan 0 och 100)

$$\text{BlixtIndex}(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(\text{Blixt1992_2002}(x_i, y_i))$$

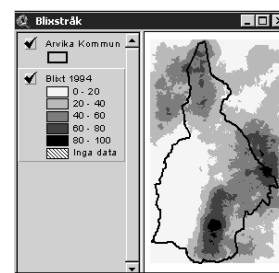
| | |
|-----------|-------------|
| 0-10 → 1 | 50-60 → 6 |
| 10-20 → 2 | 60-70 → 7 |
| 20-30 → 3 | 70-80 → 8 |
| 30-40 → 4 | 80-90 → 9 |
| 40-50 → 5 | 90-100 → 10 |



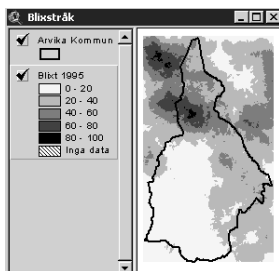
år 1992



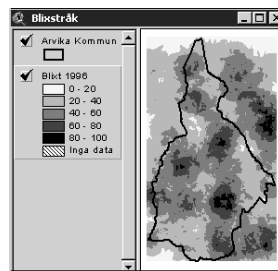
år 1993



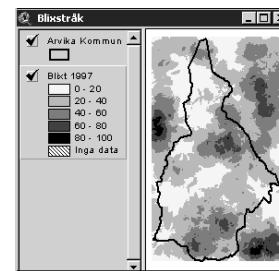
år 1994



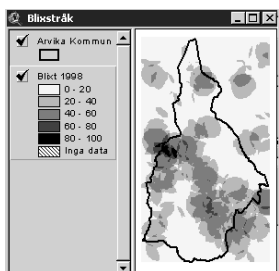
år 1995



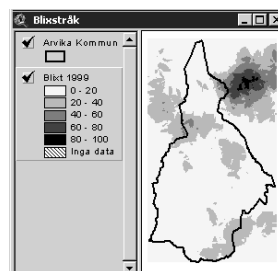
år 1996



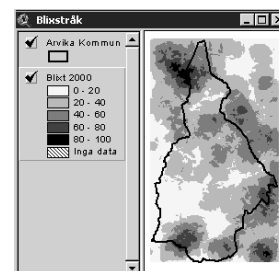
år 1997



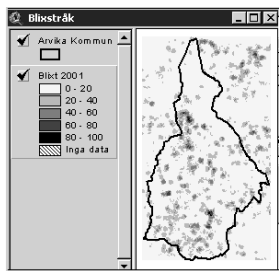
år 1998



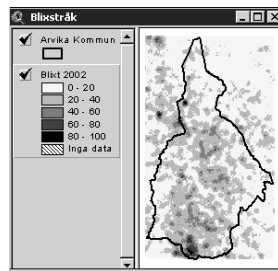
År 1999



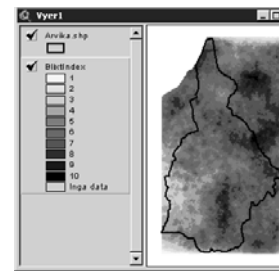
år 2000



år 2001



år 2002



BlixtIndex (1992-2002)

Blixtfrekvenskartor över Arvika kommun. Årvis och skiktet BlixtIndex för perioden 1992-2002.

2.2 Antändningsrisker orsakade av människan (MänskligFaktor)

2.2.1. Skiktet Friluftsområde utgör ett 500 meter brett buffertområde runt kanot- och vandringsleder i Arvika kommun. Även de sjöar där kanotleder går igenom har ett buffert område på 500 meter från stranden skapats. VandringsLed och KanotLed är Arvika kommuns skikt med digitaliserade friluftsleder.

Focal Proximity Function:

Indata: VandringsLed, KanotLed (*led=1, annars void*)

VandringsBuffert(x_i, y_i) = Neighbour(VandringsLed(x_j, y_j))
(x_j, y_j) ∈ Distance($x_i, y_i, 0, 500$)

KanotBuffert(x_i, y_i) = Neighbour(KanotLed(x_j, y_j))
(x_j, y_j) ∈ Distance($x_i, y_i, 0, 500$)

Local Function:

Indata: Sjöar (*sjöar=1, annars void*), KanotLed (*kanotled=1, annars void*)

KanotLedISjö(x_i, y_i) = Product(Sjöar(x_i, y_i), KanotLed(x_i, y_i))

Zonal Functions:

Indata: Sjöar (*sjöar=1, annars void*), KanotLedISjö (*kanotled i sjö=1, annars void*)

KanotSjö(x_i, y_i) = Maximum(KanotLedISjö(x_j, y_j))
Sjöar(x_i, y_i) = Sjöar(x_j, y_j)

Focal Proximity Function:

Indata: KanotSjö (*Sjö med kanotled=1, annars void*)

SjöBuffert(x_i, y_i) = Neighbour(KanotSjö(x_j, y_j))
(x_j, y_j) ∈ Distance($x_i, y_i, 0, 500$)

Bilaga 1

Pseudospråk för skiktframställning

Local Function:

Indata: Sjöar (sjöar=1, annars void), VandringsBuffert, KanotBuffert och SjöBuffert (buffert område=1, annars void)

SjöarNollEtt(x_i,y_i) = Reclassify(Sjöar(x_i,y_i))
1→0
void→1

VandrBuffTemp(x_i,y_i) = Reclassify(VandringsBuffert (x_i,y_i))
1→1
void→0

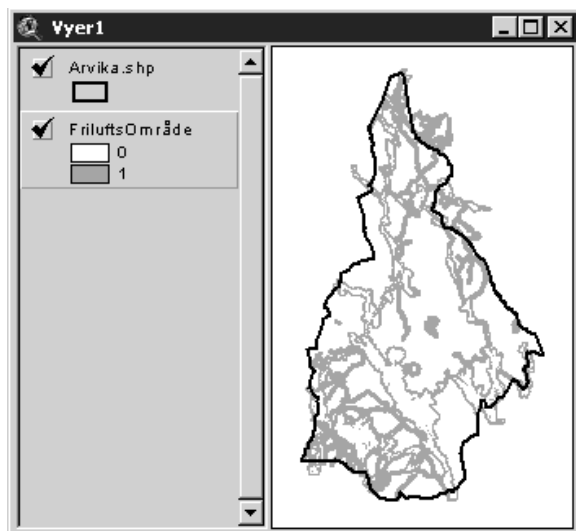
KanotBuffTemp(x_i,y_i) = Reclassify(KanotBuffert(x_i,y_i))
1→1
void→0

SjöBuffTemp(x_i,y_i) = Reclassify(SjöBuffert(x_i,y_i))
1→1
void→0

TotalBuff(x_i,y_i) = Sum(VandrBuffTemp(x_i,y_i), KanotBuffTemp(x_i,y_i), SjöBuffTemp(x_i,y_i))

TotalBuffUtanSjö(x_i,y_i) = Product(TotalBuff(x_i,y_i), SjöarNollEtt(x_i,y_i))

FriluftOmråde(x_i,y_i) = Reclassify(TotalBuffUtanSjö(x_i,y_i))
0→0
1-3→1



FriluftOmråde

Bilaga 1

Pseudospråk för skiktframställning

2.2.2. Skiktet *Bebyggelse* är skapat som ett 500 meter stort buffertområde runt hus och byggnader från Lantmäteriets ekonomiska karta.

Focal Proximity Function:

Indata: Byggnader (*byggnad=1, annars void*)

$\text{ByggnadBuffert}(x_i, y_i) = \text{Neighbour}(\text{Byggnader}(x_j, y_j))$
 $(x_j, y_j) \in \text{Distance}(x_i, y_i, 0, 500)$

Local Function:

Indata: ByggnadBuffert (*buffert område=1, annars void*)

$\text{Bebyggelse}(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(\text{ByggnadBuffert}(x_i, y_i))$
 $1 \rightarrow 1$
 $\text{void} \rightarrow 0$

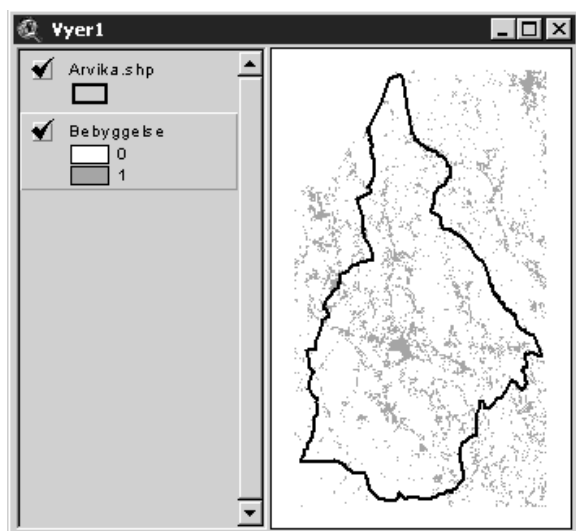
2.2.3. Sammanslagning av skikten *Friluftsområde* och *Bebyggelse* till det slutliga skiktet *MänskligFaktor*.

Local Function (Arithmetic):

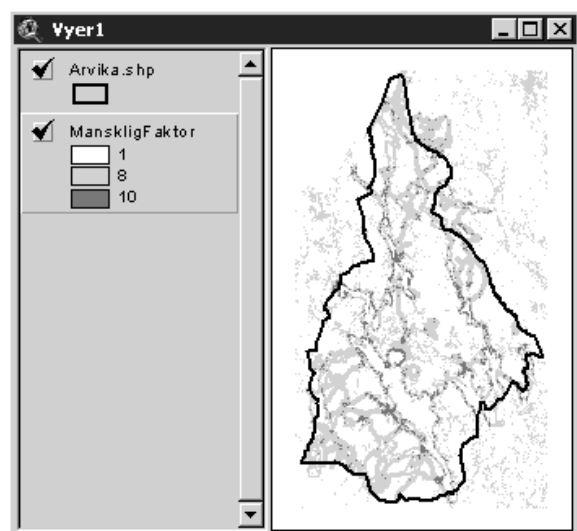
Indata: Friluftsområde (*buffert område=1, annars 0*), *Bebyggelse* (*buffert område=1, annars 0*)

$\text{HelaOmrådet}(x_i, y_i) = \text{Sum}(\text{Friluftsområde}(x_i, y_i), \text{Bebyggelse}(x_i, y_i))$

$\text{MänskligFaktor}(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(\text{HelaOmrådet}(x_i, y_i))$
 $0 \rightarrow 1$
 $1 \rightarrow 8$
 $2 \rightarrow 10$



Bebyggelse



MänskligFaktor

Grupp 3 Åtkomlighet och bekämpningssvårighet

3.1 Åtkomlighet beskriver var branden ligger i förhållande till väg (AvståndVäg) och vattentag (AvståndVatten)

3.1.1. Skiktet AvståndVäg skapas ur Lantmäteriets vägskikt vägar från blå kartan

Focal Proximity Function:

Indata: Vägar (väg=1, annars void)

$$\text{AvståndVägMeter}(x_i, y_i) = \text{Proximity}(\text{Vägar}(x_j, y_j))$$

$$(x_j, y_j) \in \text{Distance}(x_i, y_i, 0, \infty)$$

Local Function:

Indata: AvståndVägMeter (avstånd i meter från närmsta väg)

AvståndVäg(x_i, y_i) = Reclassify(AvståndVägMeter(x_i, y_i))

0-200 → 1

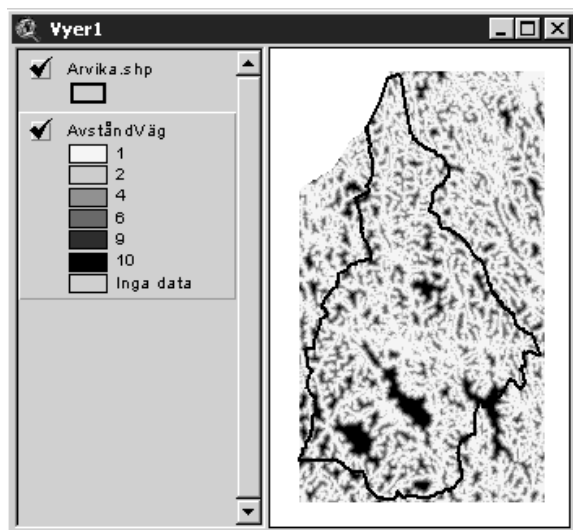
200-400 → 2

400-600 → 4

600-800 → 6

800-1000 → 9

1000- → 10



AvståndVäg

Bilaga 1

Pseudospråk för skiktframställning

3.1.2. Skiktet AvståndVatten skapas av Lantmäteriets skikt Sjöar och Vattendrag.

Local Function:

Indata: Sjöar (sjö=1, annars void), Vattendrag (vattendrag=1, annars void)

$SjöEttNoll(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(Sjöar(x_i, y_i))$

$1 \rightarrow 1$
 $void \rightarrow 0$

$VattendragEttNoll(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(Vattendrag(x_i, y_i))$

$1 \rightarrow 1$
 $void \rightarrow 0$

$VattenTotNollEttTvå(x_i, y_i) = \text{Sum}(SjöEttNoll(x_i, y_i), VattendragEttNoll(x_i, y_i))$

$VattenTot(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(VattenTotNollEttTvå(x_i, y_i))$

$0 \rightarrow \text{Void}$
 $1-2 \rightarrow 1$

Focal Proximity Function:

Indata: VattenTot (vatten=1, annars void)

$AvståndVägMeter(x_i, y_i) = \text{Proximity}(VattenTot(x_j, y_j))$

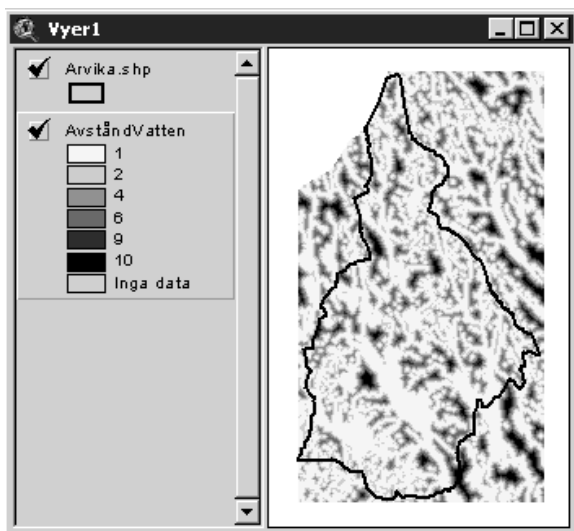
$(x_j, y_j) \in \text{Distance}(x_i, y_i, 0, \infty)$

Local Function:

Indata: AvståndVattenMeter (avstånd i meter från närmsta vattentag)

$AvståndVatten(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(AvståndVattenMeter(x_i, y_i))$

$0-200 \rightarrow 1$
 $200-400 \rightarrow 2$
 $400-600 \rightarrow 4$
 $600-800 \rightarrow 6$
 $800-1000 \rightarrow 9$
 $1000- \rightarrow 10$



AvståndVatten

3.2. Skiktet LutningBekämpning simulerar svårigheter vid släckningsarbete i brant terräng

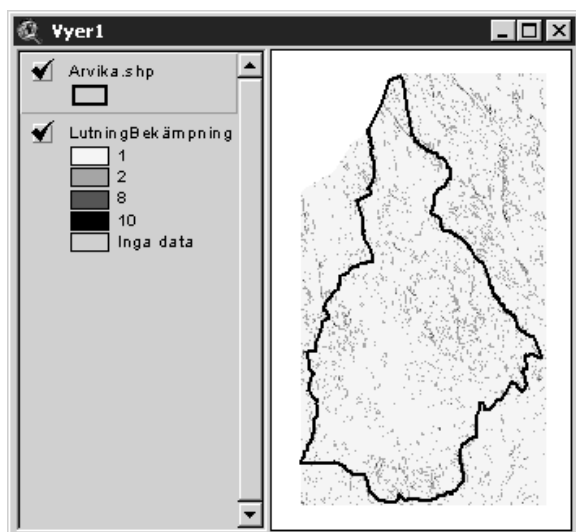
(LutningBekämpning skapas genom en omklassificering av skiktet Lutning.)

Local Function:

Indata: Lutning (Indexerade värden beroende på lutning i procent)

LutningBekämpning(x_i, y_i) = Reclassify(Lutning(x_i, y_i))

- 1→1
- 2→2
- 4→8
- 6→10
- 10→10



LutningBekämpning

Viktning av Grupp 1. Platsens brandbenägenhet

Local Function:

Indata: Lutning, LutningsRiktning, SkogsBrandVegKarta (Indexerade värden 0-10)

$$\text{PlatsBrandDecimal}(x_i, y_i) = (\text{Lutning}(x_i, y_i) * 0.20 + \text{LutningsRiktning}(x_i, y_i) * 0.10 + \text{SkogsBrandvegKarta}(x_i, y_i) * 0.70)$$

PlatsBrand(x_i, y_i) = Reclassify(PlatsBrandDecimal(x_i, y_i))

0→0 (ej brandbenägen mark)

0-1→1

1-2→2

2-3→3

3-4→4

4-5→5

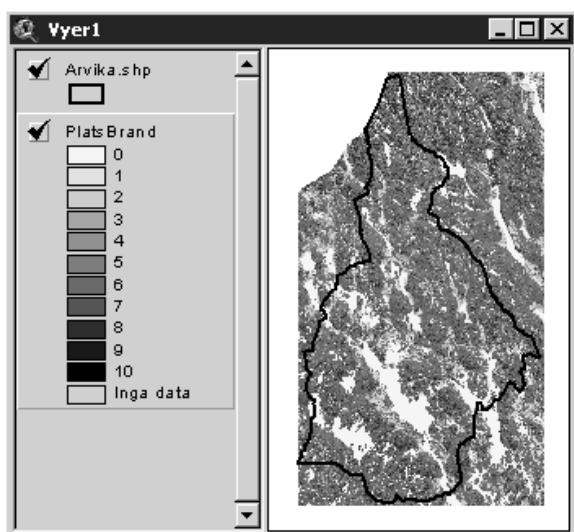
5-6→6

6-7→7

7-8→8

8-9→9

9-10→10



PlatsBrand

Viktning av Grupp 2, Antändningsrisk

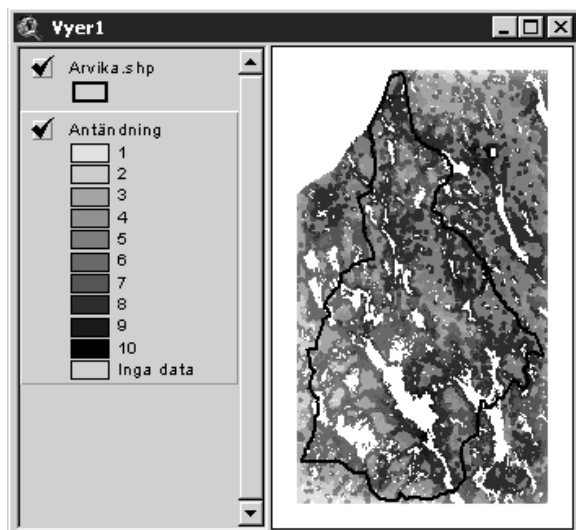
Local Function:

Indata: BlixtIndex, MännskligFaktor (Indexerade värden 1-10)

$$\text{AntändningDecimal}(x_i, y_i) = (\text{BlixtIndex}(x_i, y_i) * 0.67 + \text{MännskligFaktor}(x_i, y_i) * 0.33)$$

Antändning(x_i, y_i) = Reclassify(AntändningDecimal(x_i, y_i))

- 0-1 → 1
- 1-2 → 2
- 2-3 → 3
- 3-4 → 4
- 4-5 → 5
- 5-6 → 6
- 6-7 → 7
- 7-8 → 8
- 8-9 → 9
- 9-10 → 10



Antändning

Viktning av Grupp 3, Åtkomlighet och bekämpningssvårighet

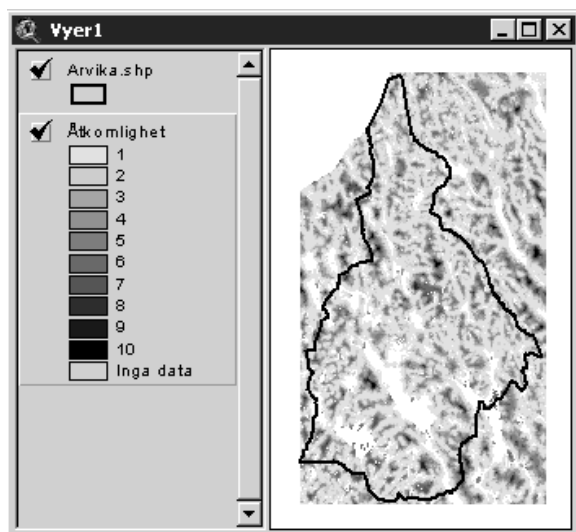
Local Function:

Indata: AvståndVäg, AvståndVatten, LutningBekämpning, (Indexerade värden 1-10)

$$\text{ÅtkomlighetDecimal}(x_i, y_i) = (\text{AvståndVäg}(x_i, y_i) * 0.45 + \text{AvståndVatten}(x_i, y_i) * 0.35 + \text{LutningBekämpning}(x_i, y_i) * 0.20)$$

Åtkomlighet(x_i, y_i) = Reclassify(ÅtkomlighetDecimal(x_i, y_i))

0-1 → 1
1-2 → 2
2-3 → 3
3-4 → 4
4-5 → 5
5-6 → 6
6-7 → 7
7-8 → 8
8-9 → 9
9-10 → 10



Åtkomlighet

Slutlig riskmodell för skogsbränder

Sammanslagning av grupp 1, 2 och 3 skapar skiktet RiskModell.

Local Function:

Indata: PlatsBrand, Antändning, Åtkomlighet (Indexerade värden 0-10)

$RiskModellDec(x_i, y_i) = \text{Mean}(\text{PlatsBrand}(x_i, y_i), \text{Antändning}(x_i, y_i), \text{Åtkomlighet}(x_i, y_i))$

$RiskModell(x_i, y_i) = \text{Reclassify}(RiskModellDec(x_i, y_i))$

0→0 (ej brandbenägen mark)

0-1→1

1-2→2

2-3→3

3-4→4

4-5→5

5-6→6

6-7→7

7-8→8

8-9→9

9-10→10

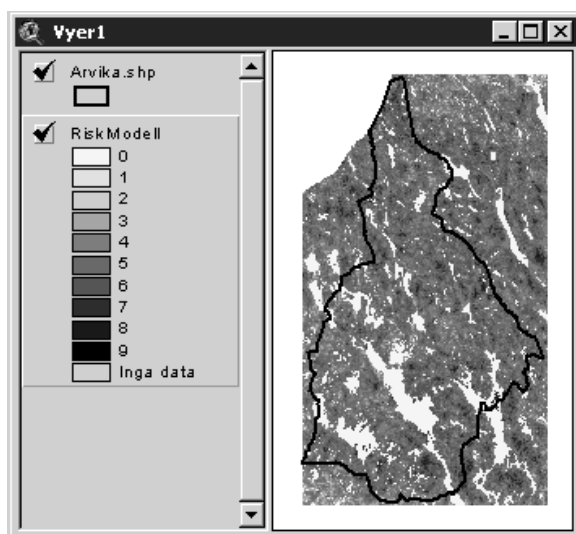
Den översiktliga riskmodellen RiskModellGrov skapas från skiktet RiskModell.

Focal Proximity Function:

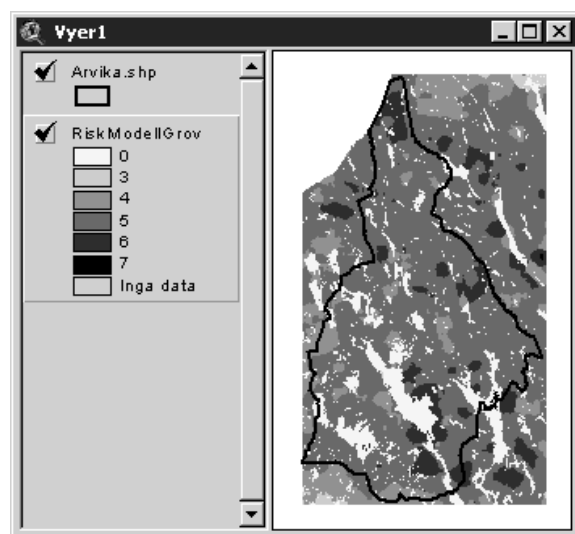
Indata: RiskModell (Indexerade värden 0-10)

$RiskModellGrov(x_i, y_i) = \text{Majority}(RiskModell(x_j, y_j))$

$(x_j, y_j) \in \text{Distance}(x_i, y_i, 0, 3000)$



RiskModell



RiskModellGrov

Luleå Tekniska Universitet

Institutionen för samhällsbyggnadsteknik

Avd för Geografisk Informationsteknik

Anders.Ostman@sb.luth.se

2002-03-19

A pseudo language for spatial analysis**1. Introduction**

Assume that we have a geographical area D , for instance a map sheet. Also assume that we within this area have a number of spatial objects x , in such a way that

$$x \in D$$

The geometric properties of these spatial objects may be characterized by points, lines or area elements. In the remaining part of this paper, we will assume that the geometry is represented by pixels. However, the pseudo language also applies for operations on vector data (points, lines and areas), although some metrics and spatial neighbourhoods needs to be defined more carefully.

A theme is a property that is associated with the spatial objects. A thematic layer is then a layer (image or file), that shows the spatial distribution of a theme. In a mathematical sense, this layer may be consider as a mapping from the spatial domain to the thematic domain. This mapping can be expressed as a function, for instance as

$$z = \text{Elevations}(x)$$

2. Local functions

Local functions operates on one spatial object (pixel) at the time. A local function can, in its general form, be written as

$$\text{NewLayer}(x) = \text{LocalFunction}(\text{OldLayer1}(x), \text{OldLayer2}(x), \dots, \text{OldLayersN}(x))$$

2.1 Arithmetic local functions

The arithmetic local functions are

$$\{\text{Sum, Difference, Product, Ratio}\} \in \text{LocalFunction}$$

where

Sum = the sum of thematic values

Difference = the difference between thematic values

Product = the product of thematic values

Ratio = the ratio of thematic values

We may for instance write

$$TotalCost(x) = \mathbf{Sum}(EnvironmentalCost(x), ConstructionCost(x))$$

or

$$TotalCost(x) = EnvironmentalCost(x) + ConstructionCost(x)$$

2.2 Trigonometric local functions

The trigonometric local functions only operates on one thematic layer. They are

$$\{\mathbf{Sine, Cosine, Tangent, ArcSine, ArcCosine, ArcTangent}\} \in \mathbf{LocalFunction}$$

where

Sine = the sine of a thematic value

Cosine = the cosine of a thematic value

Tangent = the tangent of a thematic value

ArcSine = the arc-sine of a thematic value

ArcCosine = the arc-cosine of a thematic value

ArcTangent = the arc-tangent of a thematic value

2.3 Statistical local functions

The statistical local functions operates on several thematic layers and they are

$$\{\mathbf{Majority, Minority, maximum, Minimum, Mean, Median, Variety}\} \in \mathbf{LocalFunction}$$

where

Majority = the most common value

Minority = the least common value, but at least once

Maximum = the largest value

Minimum = the smallest value

Mean = the average value

Median = the median value

Variety = the number of different values

2.4 Other local functions

The other local functions operates on one thematic layer and they are

$$\{\mathbf{Sqrt, Root, Power, Log, Ln, Exp, Reclassify}\} \in \mathbf{LocalFunction}$$

where

Sqrt = the square root of a thematic value

Root(m , $OldLayer(x)$) = the m :th root of thematic values in $OldLayer(x)$.

Observe: Sqrt($OldLayer(x)$) is equivalent to Root(2, $OldLayer(x)$)

Power(m , $OldLayer(x)$) = the m :th power of thematic values in $OldLayer(x)$.

Log = the 10-logarithm of a thematic value

Ln = the natural logarithm of a thematic value

Exp = e powered by a thematic values

Reclassify = reclassification according to a function to be defined

Example

$Resistance(x) = \mathbf{Reclassify}(Vegetation(x))$

$-\infty - 1 \rightarrow 0$

$2 - 5 \rightarrow 1$

$8 \rightarrow 2$

$6-7, 9-12 \rightarrow 3$

$13 - \infty \rightarrow \text{void}$

3. Focal functions

The focal functions operates on a geometric neighbourhood to each spatial object. This means that not only the operation has to be defined, but also the neighbourhood. In addition, the metric space also has to be defined. A focal function can, in its general form, be written as

$NewLayer(x) = \mathbf{FocalFunction}(OldLayer(y))$

$y \in G(x)$

$[M = \{\text{Euclidian} \mid \text{Radiate} \mid \text{Spread}\}]$

where $G(x)$ is a function that defines the geometric neighbourhood

M is an optional metric for distances

3.1 Neighbourhoods

To simplify the use of neighbourhoods, a set of standardized neighbourhoods may be used. They are as follows.

$G(x) = 4\text{-Connect}(x)$, which means that the neighbourhood consists of the pixel x and its 4 connecting neighbours (north, west, south and east) of the pixel x .

$G(x) = 8\text{-Connect}(x)$, which means that the neighbourhood consists of the pixel x and its 8 connecting neighbours (N, NW, W, SW, S, SE, E, NE) of the pixel x

$G(x) = \text{Distance}(x, d\text{-min}, d\text{-max})$, which means that the neighbourhood consists of all pixels having a distance to the pixel x greater than or equal to $d\text{-min}$ and less or equal to $d\text{max}$.

$G(x) = \text{Direction}(x, b\text{-min}, b\text{-max})$, which means that the neighbourhood consists of all pixels having a direction from the pixel x greater than or equal to $b\text{-min}$ and less or equal to $b\text{max}$. The direction is defined as 0 degrees in the north direction and 90 degrees in the west direction.

$G(x) = \text{DistanceDirection}(x, d\text{-min}, d\text{-max}, b\text{-min}, b\text{-max})$, is a combination of the Distance and Direction neighbourhoods.

$G(x) = \text{Upstream}(\text{Network}(x))$, which means that the neighbourhood consists of all pixels along a uni-directed network, for instance a drainage pattern. Such networks are usually created by the incremental Drainage function.

3.2 Arithmetic focal functions

The arithmetic focal functions are

{Sum, Product} ∈ FocalFunction

where

Sum = the sum of the thematic values in the neighbourhood

Product = the product of the thematic values in the neighbourhood

3.3 Statistical focal functions

The statistical focal functions are

{Majority, Minority, Maximum, Minimum, Mean, Median, Variety, Percentage, Percentile, Ranking} ∈ FocalFunction

where

Majority = the most common value of the values in the neighbourhood

Minority = the least common value of the values in the neighbourhood

Maximum = the maximum of all the values in the neighbourhood

Minimum = the minimum of all the values in the neighbourhood

Mean = the average of all the values in the neighbourhood

Median = the median value of all the values in the neighbourhood

Variety = the number of different values in the neighbourhood

Percentage = the percentage of neighbours having the same value as the spatial object x

Percentile = the percentage of neighbours having lower value as the spatial object x

Ranking = The number of different values in the neighbourhood that are lower than the value of the spatial object x

3.4 Focal proximity functions

The focal proximity functions are

{Bearing, Neighbour, Proximity} ∈ FocalFunction
M = {Euclidian | Radiate | Spread}

where

Bearing = the direction to the closest spatial object (non-void pixel) in the neighbourhood

Neighbour = the value at the closest spatial object (non-void pixel) in the neighbourhood

Proximity = the distance to the closest spatial object (non-void pixel) in the neighbourhood

In most cases, the term “closest” usually apply to the geometrical closest spatial object. This distance is called the Euclidian distance. If another metric should be used, this has to be specified. The standardized metrics that currently are specified are

M = Euclidian , which means that the Euclidian metric is used

M = Radiate(*Elevation(x)*), which means that the Euclidian distance to visible pixels (spatial objects) are used. The visibility between pixels (spatial objects) is defined by the elevation layer.

M = Spread(*Cost(x)*), which means that the accumulated cost is used as a distance metric. The cost for each pixel is given by the layer Cost(x).

3.5 Other focal functions

Other focal functions are

{Gravitation, Insularity} ∈ FocalFunction

where

Gravitation = interpolates the value, usually by weighted mean (IDW)

Insularity = create a zonal theme, where connected pixels with same value will belong to the same zone. The numbering of zones usually starts in the upper left corner.

4. Incremental functions

The incremental functions operates only on the 8-connected neighbourhood and it computes different geometric properties. An incremental function can, in its general form, be written as

$$NewLayer(x) = \mathbf{IncrementalFunction}(OldLayer(y))$$

$y \in 8\text{-Connect}(x)$

4.1 Incremental functions on 1-D linear themes

The incremental functions on linear themes are

{Length} ∈ IncrementalFunction

where

Length = computes the length of a linear spatial object. In raster, this is the length of a pixel representing a line. The total length of a raster object may be computed also using a zonal function.

4.2 Incremental functions on 2-D area themes

The incremental functions on 2-D area themes are

{Frontage, Area} ∈ IncrementalFunction

where

Frontage = computes the length of a spatial object (pixel) being on the perimeter of an area. The total length of the perimeter may be computed by also using a zonal function.

Area = computes the area of a spatial object (pixel). The total area of a raster object may be computed by also using a zonal function.

4.3 Incremental functions on 2,5-D area themes

The incremental functions on 2,5-D area themes are

{Aspect, Drainage, Gradient, Volume} ∈ IncrementalFunction

where

Aspect = the direction water flows from the pixel

Drainage = the direction(s) the water flows to the pixel. This function creates a uni-directed network that may be used in conjunction with $G(x) = \text{Upstreams}(\text{Network}(y))$

Gradient = the slope in degrees

Volume = the volume under a pixel

5. Zonal functions

The zonal functions operates within zones, as defined in a separate thematic layer. Often, the zones are of administrative nature. The zones don't have to be contiguous. Two spatial objects (pixels) belongs to the same zone if they have equal value. A zonal function can, in its general form, be written as

$$\begin{aligned} \text{NewLayer}(x) &= \text{ZonalFunction}(\text{OldLayer}(y)) \\ \text{ZonalLayer}(x) &= \text{ZonalLayer}(y) \end{aligned}$$

5.1 Arithmetic zonal functions

The arithmetic zonal functions are

{Sum, Product} ∈ ZonalFunction

where

Sum = The sum of all thematic values within the zone

Product = The product of all thematic values within the zone

5.2 Statistical zonal functions

The statistical zonal functions are

{Majority, Minority, Maximum, Minimum, Mean, Median, Variety, Percentage, Percentile, Ranking} ∈ ZonalFunction

where

Majority = the most common value of the values within the zone

Minority = the least common value of the values (at least once) within the zone

Maximum = the maximum value within the zone

Minimum = the minimum value within the zone

Mean = the average value within the zone

Median = the median value within the zone

Variety = the number of different values within the zone

Percentage = the percentage of pixels within the zone having the same value as the spatial object x

Percentile = the percentage of pixels within the zone having lower value than the spatial object x

Ranking = The number of different values within the zone that are lower than the value of the spatial object x

Konverteringsnyckel mellan lantmäteriets vegetationskarta och de sex vegetationsklasserna för skiktet SkogsBrandVeg1. (Siffrorna anger vegetationskartans vegetationskoder och de sex sammanslagna vegetationsgrupperna är skrivet med fet stil.)

1. Lavtyp och lavristyp

| | |
|----|--------------------|
| 10 | Hällmarkstallskog |
| 11 | Barrskog av lavtyp |
| 12 | Barrskog av ristyp |

2. Frisk barrskog och torr lövskog

| | |
|----|--------------------------|
| 6 | Liten skog |
| 13 | Barrskog av frisk ristyp |
| 20 | Hällmarkslövskog |
| 89 | Skogsplantering |

3. Frisk lövskog samt fuktig, våt barrskog och barrskogsmyr

| | |
|----|-------------------------|
| 16 | Fuktig barrskog |
| 17 | Våt barrskog |
| 23 | Frisk lövskog |
| 35 | Ådellövskog |
| 45 | Barrskogsmyr |
| 94 | Odlad busk och trädveg. |

4. Fuktig, våt lövskog, ris- och mossrik myr

| | |
|------------|-------------------|
| 26 | Fuktig lövskog |
| 27 | Våt lövskog |
| 30 | Alsumpskog |
| 32 | Lövbuskvegetation |
| 39 | Sumpädellövskog |
| 40 | Alkärr |
| 43 | Lövskogsmyr |
| 44 | Videkärr |
| 47 | Högstarrkärr |
| 80 | Liten myr |
| 83 | Torvtäkt |
| 48, 54 | Sumpkärr |
| 49, 50, 51 | Ristuvemyr |
| 52, 53, 46 | Fastmattemyr |
| 55, 56, 57 | Mjukmattemyr |
| 58, 59 | Lösbottenmyr |

5. Gräs-, ört-, kultur- och hedmark

| | |
|--------|---------------------------|
| 60 | Liten gräsört/rismark |
| 61 | Gräshed/Torr gräsmark |
| 63 | Torr rished |
| 68 | Frisk rished |
| 70 | Gräs/Örtveg på morän |
| 71 | Gräs/Örtveg på sediment |
| 76 | Torr gräs/örtvegetation |
| 77 | Frisk gräs/örtvegetation |
| 78 | Fuktig gräs/örtvegetation |
| 79 | Våt gräs/örtvegetation |
| 86 | Åker/vall |
| 87 | Park/gräsmatta/trädgård |
| 88 | Ruderatvegetation |
| 90 | Kultiverad gräsmark |
| 91, 96 | Kulturmark |

6. Ej brandbenägen mark och vatten

| | |
|----|--------------------|
| 1 | Hällmark |
| 2 | Block-stenmark |
| 3 | Sand-grusmark |
| 7 | Liten substratmark |
| 9 | Vatten |
| 84 | Bergtäkt |
| 85 | Grus/sandtäkt |
| 92 | Tätbebyggelse |
| 93 | Exploaterad mark |
| 95 | Övrig mark |
| 97 | Industriområde |
| 98 | Deponi |

Konverteringsnyckel mellan länsstyrelsens vegetationsklassade satellitbild från 1996 och de sex vegetationsklasserna för skiktet SkogsBrandVeg2. (Siffrorna anger satellitbildens klasskoder och de sex sammanslagna vegetationsgrupperna är skrivet med fet stil.)

1. Lavtyp och lavristyp

3 Gles barrskog

2. Frisk barrskog och torr lövskog

2 Tät barrskog
4 Blandskog
7 Oklassad skog
14 Skogsplantering
18 Skog inom tätortsgräns

3. Frisk lövskog samt fuktig, våt barrskog och barrskogsmyr

8 Löv, gräsytor i skog
9 Skogsklädd myr

4. Fuktig, våt lövskog, ris- och mossrik myr

10 Öppen myr, oklassad myr

5. Gräs-, ört-, kultur- och hedmark

11 Jordbruksmark med synlig gröda
12 Jordbruksmark utan synlig gröda
16 Annan öppen mark
19 Gräs- och parkytor inom tätort

6. Ej brandbenägen mark och vatten

1 Vatten
13 Strand- och vattenvegetation
15 Sand, grus, vägar, håll, konstruktioner
17 Tätort, hus, gator

Satellitbilden redovisar två hyggesklasser: *Hygge och kala ytor* samt *Äldre hygge*. Dessa två hyggesklasser har konverterats till respektive vegetationstyp som ligger närmast.