

Gräsbrand

Uttorkning och brandspridning
i relation till brandriskindex



**RÄDDNINGSS
VERKET**

Denna rapport ingår i Räddningsverkets serie av forsknings- och utvecklingsrapporter.
I serien ingår rapporter skrivna av såväl externa författare som av verkets anställda.
Rapporterna kan vara kunskapssammanställningar, idéskrifter eller av karaktären tillämpad forskning.
Rapporten redovisar inte alltid Räddningsverkets ståndpunkt i innehåll och förslag.

2000 Räddningsverket, Karlstad
Räddningstjänstavdelningen
ISBN 91-7253-058-8

Beställningsnummer P21-337/00
2000 års utgåva

Gräsbrand

Uttorkning och brandspridning i relation till
brandriskindex

Anders Granström, Linda Berglund
och Erik Hellberg

Institutionen för skoglig vegetationsekologi
Sveriges lantbruksuniversitet, 901 83 Umeå.

Anders.Granstrom@svek.slu.se

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	5
ABSTRACT.....	7
BAKGRUND.....	9
METODER.....	10
FÖRSÖKSOMRÅDE	
FUKTHALTSBESTÄMNINGAR	
BRÄNSLEMÄTNINGAR	
TESTBRÄNNINGAR	
FUKTHALTSFÖRÄNDRINGAR ÖVER DYGNET	
RESULTAT.....	12
VÄDER OCH BRANDINDEX UNDER TESTPERIODEN	
SAMBAND MELLAN INDEXNIVÅ OCH UPPMÄTTA FUKTHALTER	
BRÄNSLE OCH INVÄXNING AV FÄRSKT GRÄS	
SPRIDNINGSHASTIGHET	
BRÄNSLEKONSUMTION I RELATION TILL BRÄNSLETS FUKTHALT	
DYGNISFLUKTUATION I BRÄNSLETS FUKTHALT	
DISKUSSION.....	19
FUKTRELATIONER I GRÄSFÖRNA	
BRANDSPRIDNING	
KONKLUSIONER.....	22
REFERENSER.....	23
BILAGA 1.....	25

Sammanfattning

Årligen inträffar ett mycket stort antal gräsbränder till följd av oaktsamhet, lek eller felbedömningar i samband med avsiktliga bränningar, vilket motiverar en noggrann brandriskvärdering. Samtidigt skiljer sig gräsbränder från skogsbränder både vad gäller bränslets upptorkningshastighet och dynamik över året liksom även själva brandbeteendet. Den normala brandriskvärderingen för skogsbränder ger därför ingen bra vägledning för gräsbrandrisken. Här rapporteras en försöksserie som genomfördes under våren och försommaren 1998 på uppdrag av Räddningsverket. Fukthalten i gräsförnan mättes gravimetriskt med korta intervall för att kunna jämföras med indexvärden i det kanadensiska brandrisksystemet (Canadian Forest Fire Danger Rating System), vilket baseras på olika vädervariabler. Därtill genomfördes vid ett stort antal tillfällen testbränningar på provytor om 3 x 3 m, där brandspridningshastighet, flamlängder och bränslekonsumtion skattades. Dessa (liksom fukthaltsbestämningarna) genomfördes alla mitt på dagen, när brandrisken normalt är som högst.

Upptorkningen av gräsförnan var mycket snabb efter regn. Den maximala fukthalten som materialet kunde hålla var ca 400%, vilket dock inte representerar mer än ca 1 mm nederbörd med de förnamängder det här var fråga om (ca 250 g/m²). Det brandriskindex som simulerar fukthalten i finbränslet (FFMC) var generellt ganska väl korrelerat med fukthalten, som dock under särskilt den första upptorkningsfasen kan variera starkt mellan förnabäddens över och undre del.

Brandspridningshastigheten beskrevs väl av ISI, ett index som kombinerar FFMC med vindstyrkan. Vid en linjär regression förklarade ISI 55 % av variationen i spridningshastighet vid de testbränningar som utfördes under första delen av försöksperioden, innan årsväxten ännu påverkade brandspridningen.

Bränslekonsumtionen var väl korrelerad med fukthalten i den undre delen av bränslebädden, liksom även med FFMC. En gräsbrand kan ibland sprida sig när bara ytskiktet är upptorkat, men ju djupare elden bränner, dess högre blir intensiteten och dess svårare blir bekämpningen.

Det kanadensiska brandrisksystemet ger alltså en ganska god bild av "brandrisken" i bränslebäddar som domineras av gräsförna. Så snart årsväxten på allvar bröt igenom bränslebädden (i början av juni) skedde emellertid en markant dämpning av brandspridningshastigheten, till följd av det stora vatteninnehållet i det färska gräset och örterna. Därefter genererade provbränningarna inte i något fall snabb brandspridning trots stundtals höga indexvärden. Det står därför klart att brandriskindex måste kombineras med en modellering av inväxning av färsk vegetation.

En annan process som bör analyseras vidare är inverkan av snöpressning av bränslebädden under vintern, vilken skiljer sig väsentligt mellan olika delar av landet. Likaså kan det behövas en bättre analys av hur brandrisken varierar under dygnet, på grund av gräsförnans snabba fuktutbyte med atmosfären.

Abstract

Grass fuels in Northern Sweden. Moisture relations and fire spread in relation to fire weather indices.

Each year numerous grassfires occur in Sweden, due to carelessness and escaped management fires. These grass fires typically burn in fuel beds very different from those in forest land and which differ both with respect to moisture relations and seasonal dynamics of the fuel bed as well as with respect to fire behaviour. This calls for a danger rating separate from that of forest fires. In spring and early summer of 1998, a series of observations of fuel moisture and fire behaviour were made at a large field 15 km NV of Umeå in northern Sweden, which had not been cut for several years and which had a typical flora dominated by *Agrostis stolonifera* and *Deschampsia caespitosa*. Observed values were compared with index levels in the Canadian Forest Fire Danger Rating System. Starting shortly after snow-melt, fuel moisture was determined gravimetrically each day at noon for three different strata: I) loose, well aerated grass litter, II) upper part of the snow-matted litter bed, III) lower part of the litter bed. On days with dry enough fuel, test fires were performed on plots of 3 x 3 m. The plots were ignited along one side with a butane burner and observations were made of spread rate, flame length and fuel consumption. Wind speed was measured during burning.

The drying rate of the fuel-bed was very rapid after rain events. Maximal moisture content was approx. 400%, which, however, does not amount to more than about 1 mm of water in these light fuel beds (250-300 g/m²). Fuel moisture was reasonably well correlated with FFMC (Fig. 2), although FFMC was too slow to track the initial moisture loss of the upper and well aerated litter. At index values greater than 50, the correlation improved markedly (Fig. 3).

Rate of spread was well correlated with ISI (Fig. 6). ISI was calculated using wind speeds observed during the fires rather than the standard noon measurements in order to reduce random variability. In a linear regression, ISI explained 55% of the variation in rate of spread for the test fires which were done during the first part of the test period (prior to green-up).

Fuel consumption was well correlated with moisture content of the lower portion of the fuel bed and also with FFMC (Fig. 7 and 8). Grass fires sometimes burn only in the upper part of the fuel bed, but the more fuel that is involved, the higher the intensity and the harder the fire will be to extinguish, due to a higher propensity for re-kindling.

Thus, the Canadian danger rating system provides a reasonably good picture of the "fire risk" in Northern Swedish grass fuels during spring conditions. As soon as the fresh grass penetrated through the litter (which had a depth of about 10 cm), there was a marked depression of rate of spread, due to the large water content of the regrowth. Dry weight of the fresh grass at that stage was still less than 50 g/m². Thereafter none of the test fires generated high spread rates, despite occasionally high index values. It is clear that the risk assessment has to be combined with a model of the green-up process.

Another process which merits further analysis is the snow-pressing of the litter during winter, which varies between years and between Northern and Southern Sweden. Also a better analysis of the very rapid response in grass litter to the changing air moisture over the day (Fig. 9 and 10), would improve the danger rating.

Bakgrund

Ofta gör man en distinktion mellan "gräsbränder" och "skogsbränder". I vissa avseenden är detta en konstlad uppdelning eftersom det i princip är fråga om samma grundläggande fenomen vare sig elden klassas som gräsbrand eller skogsbrand. Det finns dock vissa karaktärer som gör det befogat att särskilja gräsbränder. Bränslet utgörs av gräs och örtförna som är luckrare än den typiska bränslebädden i skogsmark, vilken vanligen består av mossor, lavar etc med inlagrad förna. Det möjliggör väsentligt snabbare upptorkning och även snabbare brandspridning. Gräsmarkerna har också en mer tydlig säsongsväxling i brännbarhet mellan vår och sommar, eftersom inväxningen av saftigt gräs verkar starkt hämmande på brandspridningsförloppet. Ett ytterligare särdrag är att gräsmark ofta ligger i direkt anslutning till bebyggelse. Det ger upphov både till ett stort antal antändningar och dessutom stora risker för spridning till hus och uthus i samband med en brand. Här finns för övrigt ett stort skötselproblem. Varje vår genomförs många avsiktliga antändningar (förmodligen tusentals) för att befria gräsbevuxen mark från gammal förna. Dessa bränningar görs både av estetiska skäl och för att rensa betesmark, men leder inte sällan till okontrollerad brandspridning. Ett väl fungerande brandrisksystem skulle antagligen förbättra denna situation avsevärt.

Generellt innebär ett intensivt utnyttjande av jordbruksmarken för odling eller bete att gräsbrandproblemen är små. I och med att allt mer jordbruksmark läggs ned ökar arealen där man har en ymnig gräsförna på våren, och därmed kan man i framtiden förvänta sig ökade problem med gräsbränder. Det finns emellertid också viss odling som direkt genererar farliga situationer. Åker som ligger i träda för längre eller kortare tid bryts normalt först under sommaren, för att undvika näringsläckage under vinter och vår, vilket innebär att de håller stora bränslemängder under våren. Samma sak gäller för rörflen (*Phalaris arundinacea*) som man nu börjat odla som energigröda. Här rör det sig om extremt stora kvantiteter biomassa, omkring tio ton per hektar, som får ligga över vintern och skördas först efterföljande vår-försommar (Landström et al. 1996). Dessa fält utgör därmed verkliga riskområden under gräsbrandsäsongen.

Det finns alltså tre starka skäl att förfina brandriskprognosen när det gäller gräsbränder: För det första sker årligen ett mycket stort antal bränder och en avsevärd andel av dessa är medvetet antända. För det andra inträffar gräsbränder ofta i närhet av bebyggelse och riskerar därmed stora värden. För det tredje skiljer sig bränslet i flera avseenden från det typiska skogsmarksbränslet.

Som en första orientering har därför Räddningsverket initierat denna studie av brandbeteende i gräsdominerat bränsle. Upptorkning och brandspridningshastighet har analyserats i relation till indexnivåer genererade av ett kanadensiskt skogsbrandrisksystem.

Metoder

Försöksområde

Ett försöksområde lokaliserades under senvintern 1998. Det ligger i Nyby ca 15 km NV om Umeå. Här finns öppna fält med en sammanlagd areal av ca 12 ha, varav merparten inte brukats på 10 år. Marken sluttar svagt mot söder och består av mjåla. Dominerande arter är tuvtåtel (*Deschampsia caespitosa*), krypven (*Agrostis stolonifera*) och ängsgröe (*Poa pratensis*). Låga videbuskar finns här och där, främst längs diken.



Figur 1. Försöksområdet i Nyby, 15 km NV om Umeå. På bilden syns några av de 3 x 3 m stora bränningsytorna.

Den sista snön försvann från området omkring 1 maj och undersökningarna påbörjades 4 maj. På området fanns under testperioden en regnmätare som tömdes med täta intervall. Dessa nederbördsdata användes sedan vid beräkningen av lokala FWI-index (se Appendix 1). Övriga väderdata (vind, temperatur och relativ luftfuktighet) togs från Svartbergets försökspark i Vindeln.

Fukthaltsbestämningar

För jämförelse med brandriskindex gjordes mätningar av bränslets fukthalt förlöpande under perioden 4 maj till 25 juni. Målsättningen var att provta i stort sett varje dag, för att kunna se uttorkningsförloppet efter regn och för att kunna jämföra med de fukthalter som simuleras i olika brandriskindex. Sammantaget provtogs bränslets fukthalt under 44 av 53 dagar under denna period.

Mätningarna gjordes mitt på dagen av tre olika kategorier bränsle: 1) Lucker förna. Denna togs intill små videbuskar och på toppen av grästuvor och utgjordes alltså av gräsförna som stod väl luftad och exponerad. 2) Övre delen av den av snön nedpressade bränslebädden av gräs och örtförna. Här klipptes en yta av ca 25 x 25 cm och de översta 1-2 cm togs till ett prov. 3) Nedre delen av samma bränslebädd. Detta prov utgjordes av resterande material ner till markytan.

Provtyp 2 och 3 utgör alltså ett övre och undre skikt av det helt dominerande bränsletypen inom området, det vill säga gräs och örtförna som pressats ned av snön under vintern.

Fem prov togs av vardera kategorin per tillfälle. Provmaterialet lades i plastpåsar (frysåskvalitet) som förslöts noga, lades gruppvis i en ytterpåse och togs till laboratoriet där de vägdes, torkades vid 90 °C under 12 timmar och vägdes igen.

Bränslemätningar

Vid sammantaget fem tillfällen under testperioden gjordes uppmätningar av bränslemängden. Vid varje tillfälle provtogs fem provtytor om 50 x 50 cm. Ytorna markerades med hörnpinnar och kantskars med en kniv, varefter allt material klipptes vid markytan och lades i en påse. Materialet sorterades sedan på laboratoriet i levande gräs och örter (grönt) respektive förna (dött, visset växtmaterial).

Testbränningar

Inom försöksområdet gjordes ett stort antal testbränningar på ytor om 3 x 3 m (se Figur 1). Varje dag när provantändningar med tändstickor visade att en eld hade några som helst möjligheter att sprida sig gjordes testbrännningar på två ytor. Ytorna märktes upp med stolpar i hörnen samt inne i rutan för att markera 1, 2 resp 3 m sträcka. Runt ytan vattnades ett ca 50 cm brett bälte med vattenkanna. I vindriktningen säkrades ytterligare med vatten.

Antändningen gjordes på vindsidan med hjälp av en gasolbrännare. Den använda brännaren (Primus ogräsbrännare 2012) ger en ca 20 cm flamma från änden på ett 80 cm rör, vilket gjorde det möjligt att snabbt föra den längs den 3m långa antändningslinjen och åstadkomma en närapå samtidig antändning av hela linjen. Eldens framryckningshastighet mättes genom att klocka starttid samt tid till 1, 2 resp 3 m. Under bränningen mättes vindstyrkan på 2 m höjd med ett handhållet instrument (Pocketwind, Insign electronic). Tre avläsningar gjordes under respektive bränning.

Före antändningen av varje yta mättes bränslebäddens höjd på ett tiotal punkter, en halv meter in från kanten. Efter bränningen upprepades mätningarna. En skattning av kvarvarande bränsle gjordes också genom att ange hur stor del av bränningsytan som endast var svedd på ytan (<1 cm), bränd till ett djup 2-5 cm, respektive bränd djupare än 5 cm. Här taxerades alltså bränslekonsumtionen i tre klasser. Dessa uppgifter utnyttjades sedan för en beräkning av bränslekonsumtionen vid varje bränning

Fukthaltsförändringar över dygnet

Gräsförna är finfördelad och fuktutbytet med omgivande luft sker därför snabbt. En grov test gjordes med två typer av förna för att se hur fukthalten förändras över dygnet. Ena bränslet var gräsförna av grenrör (*Calamagrostis canescens*), det andra väggmossa. De olika bränslena spreds ut i låga plasttråg (60 x 40 x 5 cm). Botten i trågen består av ett galler. Två tråg av vardera bränsletypen bereddes. Mängden bränsle motsvarade ca 300 g/m² för gräsförnan och 700 g/m² för mossan, vilket i bägge fallen motsvarar en normal bränslemängd för gräsmark respektive skogsmark. Lådorna placerades på marken på en kortklippt gräsmatta, fritt exponerad för sol och vind. Den ena lådan för respektive bränsle placerades direkt på marken medan den andra lades på en plastduk, vilken förhindrade uppfuktning från marken.

Lådorna vägdes med korta tidsintervall över två dygn i början av September, varefter materialets torrsvikt bestämdes efter torkning vid 90 °C. Härigenom kunde fukthalten beräknas för materialet utan destruktiv sampling.

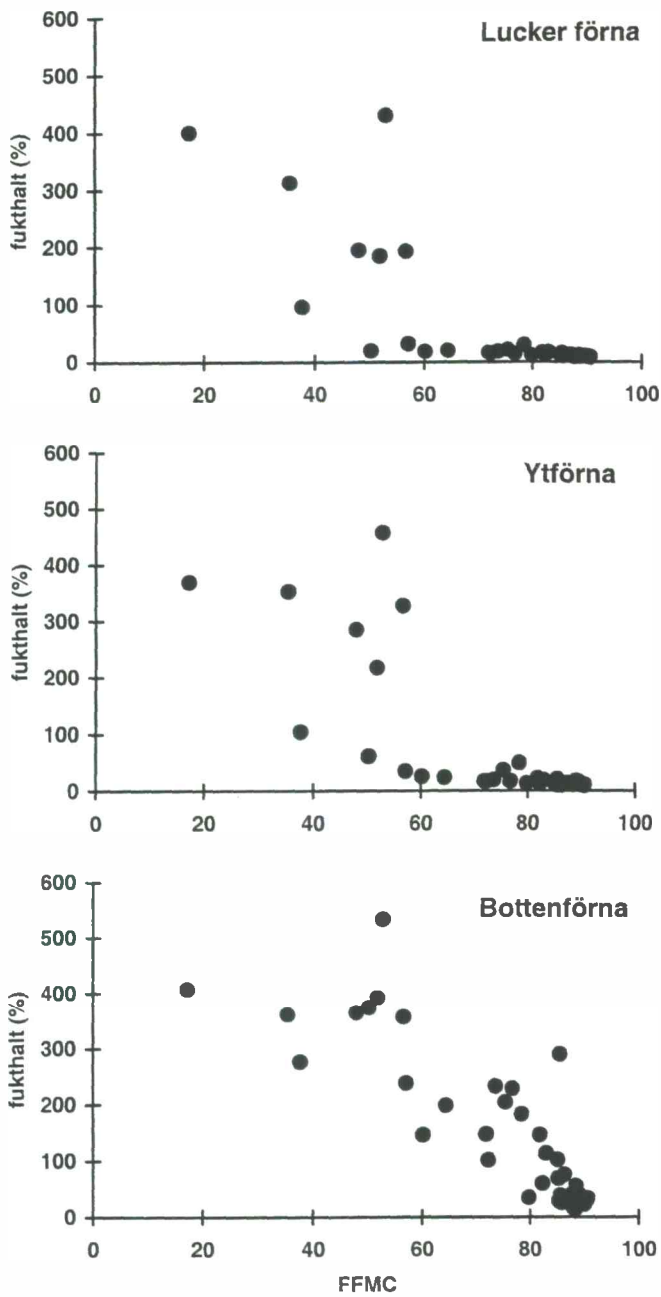
Resultat

Väder och brandriskindex under testperioden

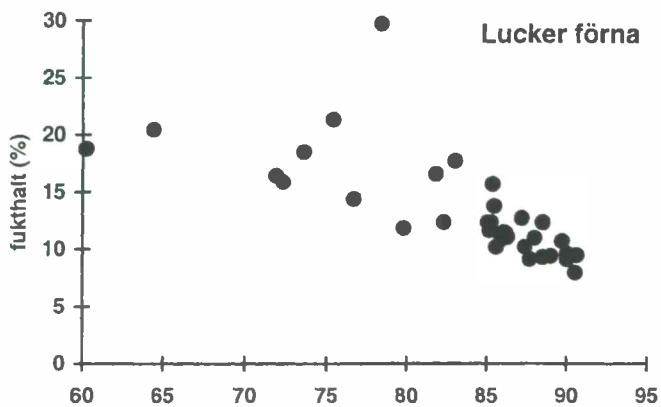
Nederbörds mängderna var mycket över de normala för både maj och juni. I maj kom inom området nära 70 mm mot normala 41 (Umeå flygplats) och i juni 107 mot normala 41 mm. I maj var det bara 15 nederbördsfria dagar och i juni 18. Brandriskindexen i det kanadensiska brandrisksystemet låg följdaktligen på generellt låga nivåer. Den längsta torkande perioden inträffade 11-24 maj, då FFMC (se förklaring i Appendix 1) under 11 dagar låg över 85. DMC var under 8 dagar högre än 20, vilket brukar vara den ungefärliga undre gränsen för brandspridning i skogsmark (Granström och Schimmel 1998). ISI och FWI nådde aldrig särskilt höga nivåer under testperioden. FWI låg nästan aldrig över vad som för kanadensiska förhållanden brukar beteckna "moderate risk" för skogsmark (FWI 6-12) (Stocks et al. 1989).

Samband mellan indexnivå och uppmätta fukthalter

Maximala fukthalter i bränslet var omkring 400% (baserat på torrsvikt) och uppmättes vid ett par tillfällen strax efter regn. Lägsta uppmätta fukthalt var strax under 10%, i samband med låg luftfuktighet och solsken. I Figur 2 visas sambandet mellan FFMC och uppmätt fukthalt i tre olika bränslekategorier. Sambandet är starkast för det undre förmaskiktet med fukthalter omkring 3-400% upp till ett indexvärde kring 50 och fukthalt under 50% vid index över cirka 85. För ytförnan och den luckra förnan är prediktionsgraden svag vid FFMC lägre än 60, det vill säga både höga och relativt låga fukthalter kan förekomma. Vid index över 60 ligger dock fukthalten alltid under 30% och sjunker stadigt med ökande indexvärden (Figur 3). Vid de högsta indexvärdena är spridningen i uppmätt fukthalt liten.



Figur 2. Fukthalt i olika bränsleskikt i relation till FFMC.

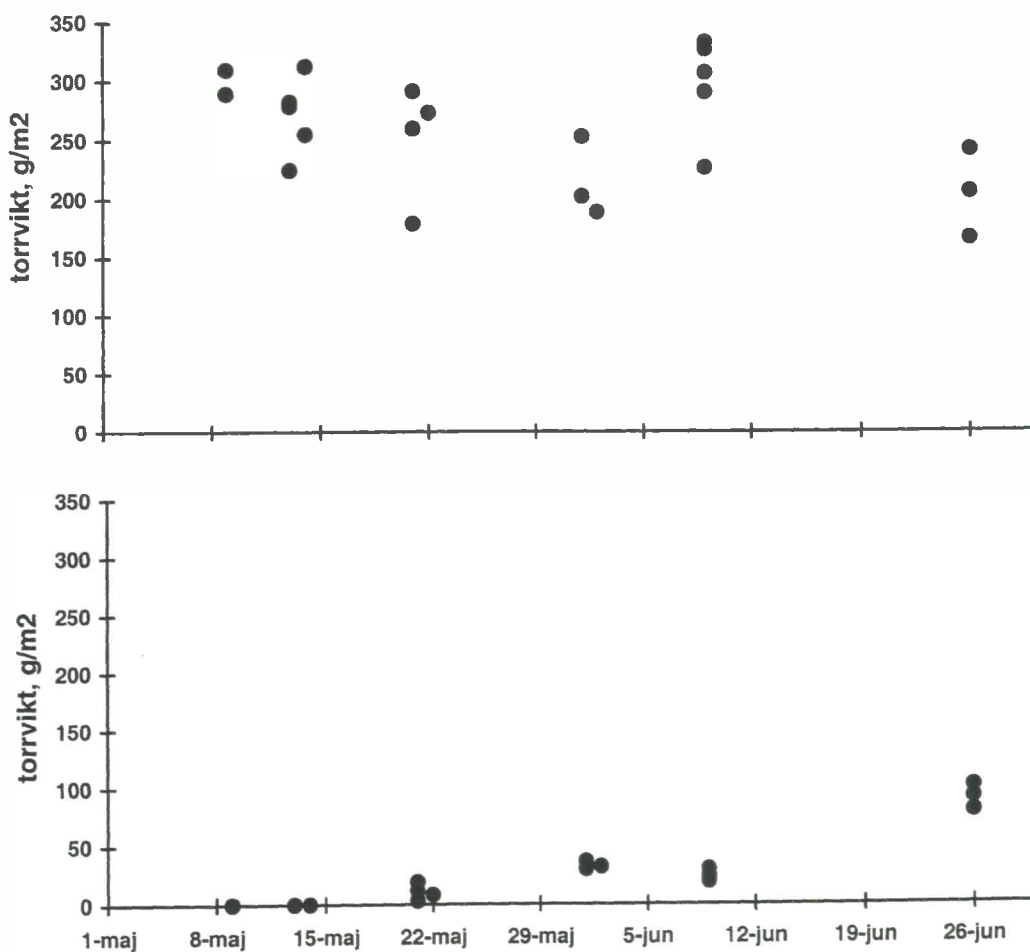


Figur 3. Fukthalt i den luckra förnan i relation till FFMC, för $FFMC > 50$. Observera skillnader i skala gentemot Figur 2.

Bränsle och inväxning av färskt gräs

De klippta provytorna hade bränslemängder i form av gräs och örtföna mellan 180 och 350 g/m² (1.8-3.5 ton/ha). Variationen mellan individuella provytor var stor inom området, trots att det valts med tanke på homogena bränsleförhållanden. Bränslebäddens djup (föralagret) var i medeltal 9.4 cm, med förhållandevis liten variation mellan ytorna (spännvidd 8-13 cm).

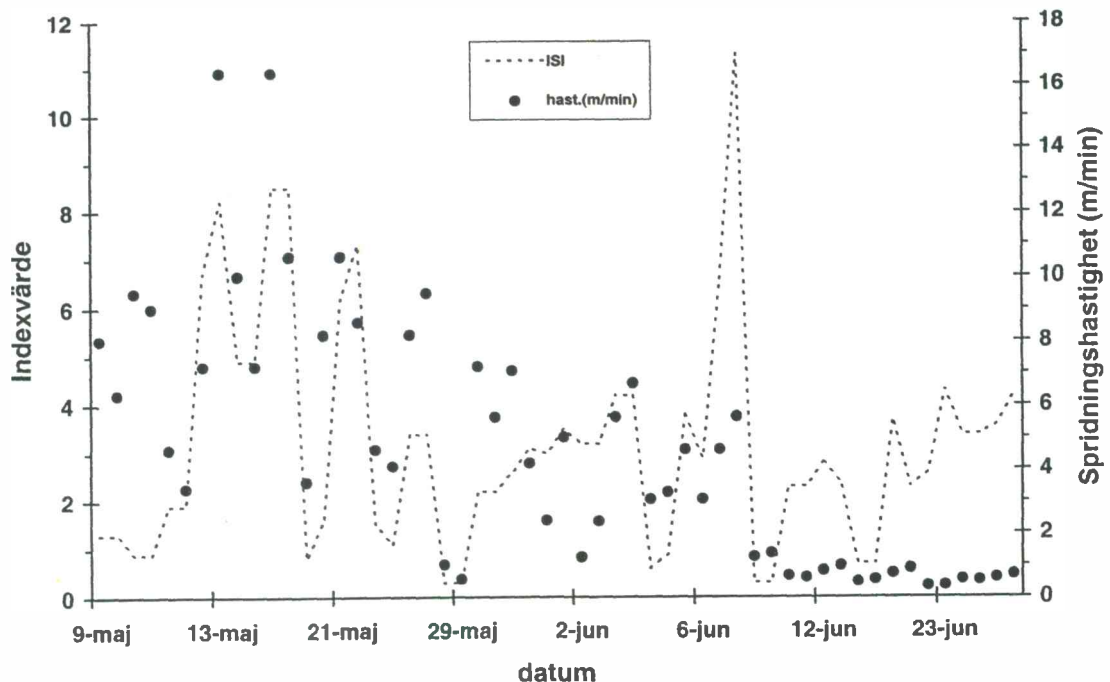
Det finns en svag generell nedåtgående trend under perioden, till följd av successiv nedbrytning av fönamaterialet. Inväxningen av färskt gräs och örter skedde gradvis (Figur 4). I månadsskiftet maj/juni var torrvikten av färsk biomassa fortfarande under 50 g/m², men det gröna började då synas ordentligt över fönan. Ännu i slutet av testperioden var det inte mer än ca 100 g/m² (torrvikt) av färsk biomassa, d v s omkring hälften av mängden föna vid samma tid. Hela försöksområdet gav då en grön anblick, med omkring 30 cm högt gräs.



Figur 4. Bränslemängder av dött (övre grafen) och levande material (undre grafen) över försöksperioden under år 1998.

Spridningshastighet

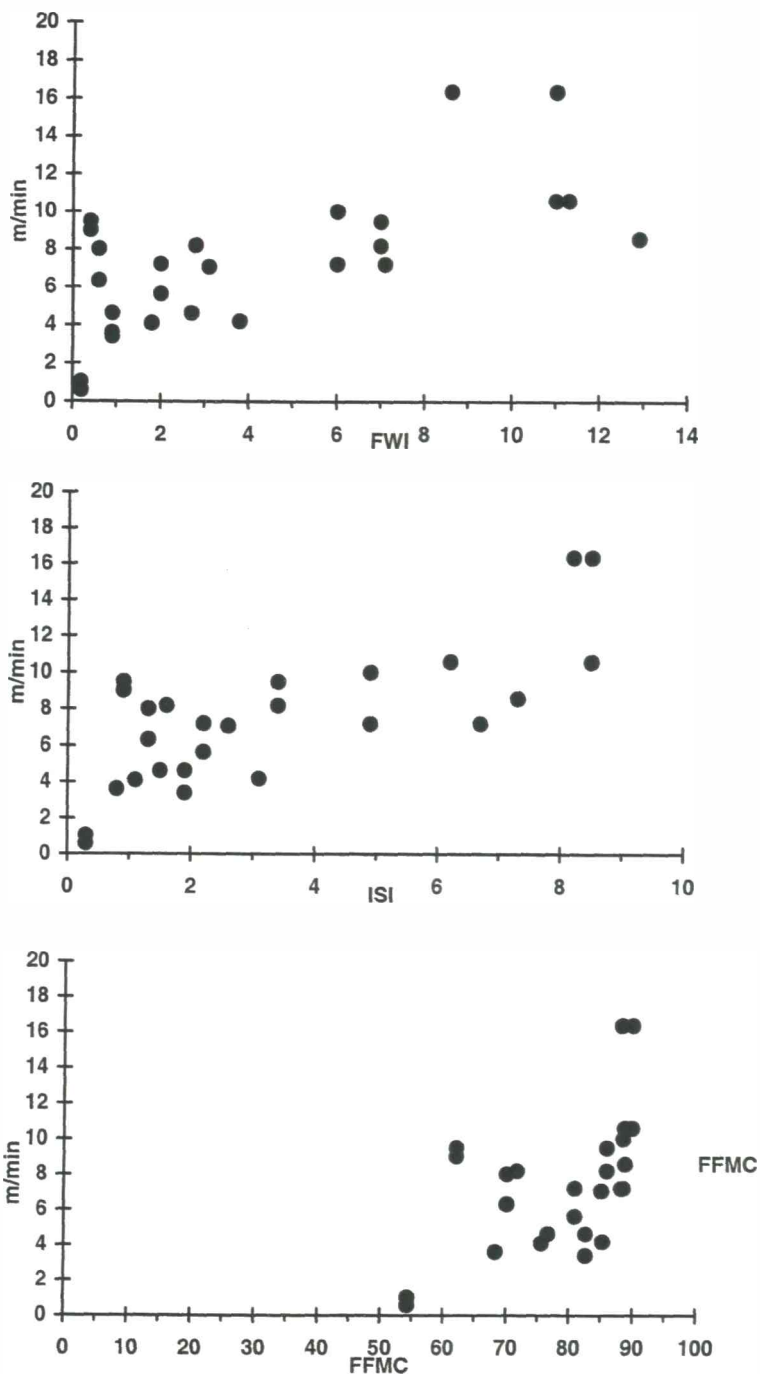
I Figur 5 har spridningshastigheten för samtliga testbränningar plottats över tiden. Det är en trend mot allt lägre spridningshastigheter, i synnerhet efter månadsskiftet maj/juni. Denna motsvaras inte av någon generell trend vad gäller de vädermässiga förutsättningarna (se ISI-värden för testtillfällena, Figur 5), utan beror på den tilltagande inväxningen av färskt gräs. Under maj var spridningshastigheten i flera fall över 8 m/min, med två observationer så högt som 16 m/min. Flamlängden var i dessa fall inemot en meter. Efter 10 juni ligger spridningshastigheten för samtliga observationer under 1 m/min, med flamlängder om någon decimeter.



Figur 5. Översikt av spridningshastigheter och ISI-värden för samtliga testbränningar.

Brandspridningshastigheten i ett givet bränsle beror på fukthalten och vindstyrkan. Den högsta fukthalt i ytförnan som medgav viss brandspridning var ca 30%. I dessa fall var den underliggande förnan väsentlig fuktigare och elden svedde bara av den översta delen av bränslebädden.

I Figur 6 visas brandspridningshastigheten vid försöksbränningarna i relation till indexvärde för FFMC, ISI och FWI. Här har bara testbränningar gjorda före 1 juni tagits med, för att inte inväxningen av färskt gräs skall påverka resultaten. Det index som har störst prediktionsvärde är ISI (Initial spread index, Figur 6), där en linjär regression förklarar 55% av variationen i spridningshastighet. ISI är designat för att simulera brandspridningshastighet och inkorporerar såväl fukthalten (via FFMC) som vindstyrkan. För indexberäkningen har den vindstyrka som uppmäts vid respektive bränning använts. Spridningshastigheten är något sämre korrelerad med FWI (Figur 6), och ännu sämre med FFMC (som inte inkorporerar vindstyrkan).

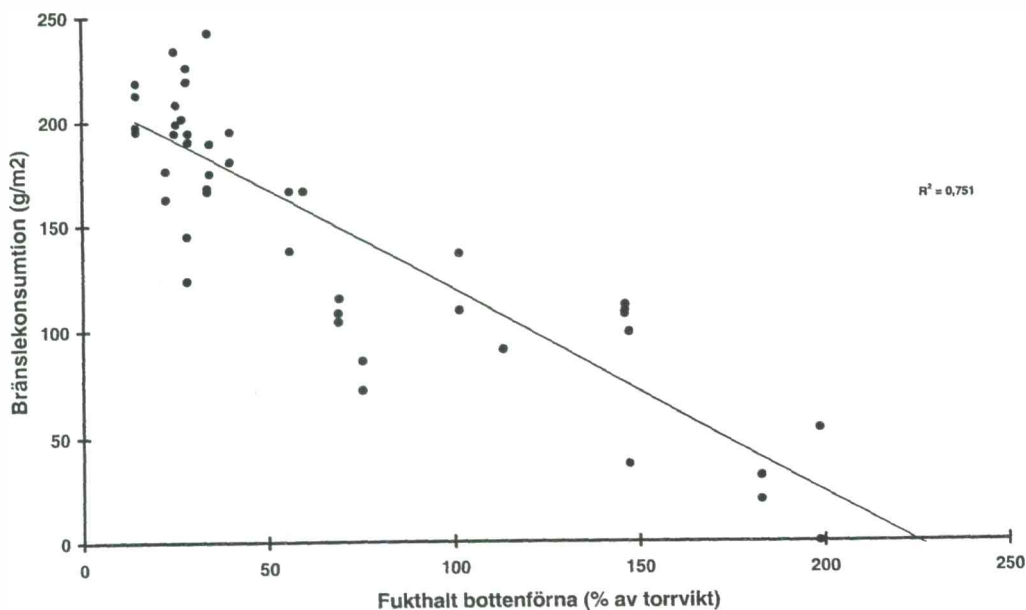


Figur 6. Spridningshastighet i relation till indexnivå för FWI, ISI och FFMC. Endast bränningar utförda före 1 juni, när andelen grönt gräs ännu var ringa, har tagits med.

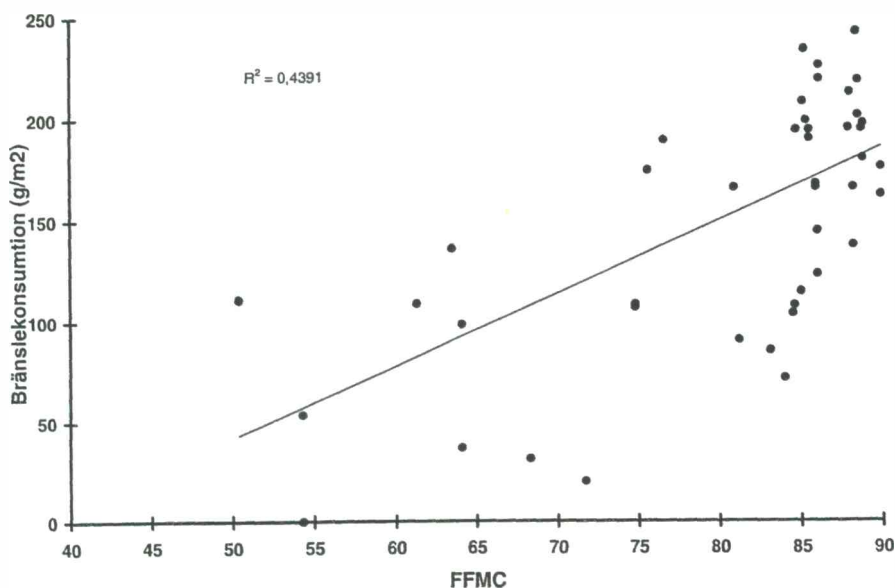
Bränslekonsumtion i relation till bränslets fukthalt

En grov skattning av bränslekonsumtionen gjordes för alla testbränningar. Den utgick från en procentuell uppskattning av andelen av bränningsytan som efter branden kunde föras till endera av tre kategorier: nedbränning <2 cm, 2-5 cm respektive >5 cm. För den första kategorin bedömdes 10% av bränslebädden ha förbränts. För den

andra 40% och för den tredje 90%. På några ytor förekom helt obrända områden och dessa åsattes naturligtvis 0% konsumtion. I Figur 7 har bränslekonsumtionen ställts mot fukthalten i den undre delen av bränslebädden. Fukthalten förklarar 75% av variationen i bränslekonsumtion. Det var ett relativt gott samband även mellan FFMC och bränslekonsumtion, där FFMC förklarar 44% av variationen (Figur 8).



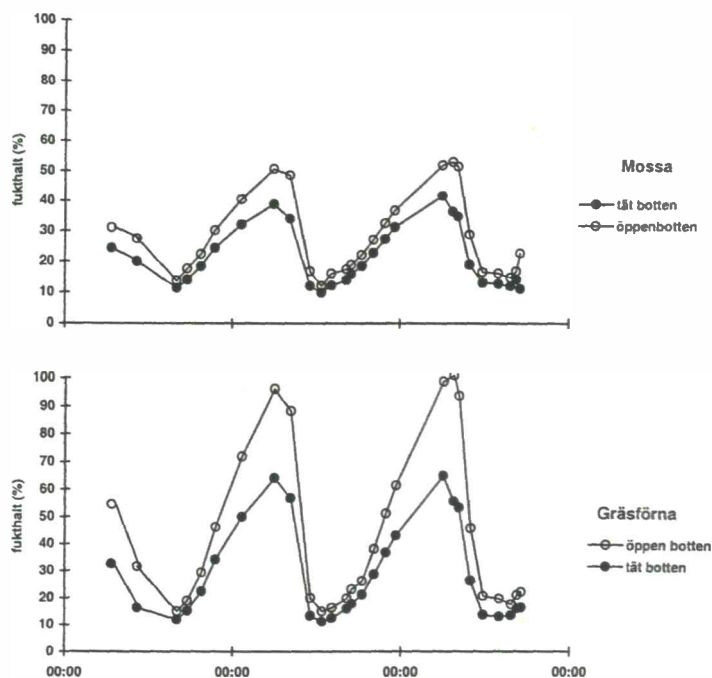
Figur 7. Bränslekonsumtion i relation till fukthalt i undre delen av bränslebädden. Bränslekonsumtionen inom bränningsytorna skattades via en okulär bestämning av yttäckningen av tre förbränningsklasser, vilka åsattes olika bränslekonsumtion: bränningsdjup i förnan <2 cm (10% konsumtion), 2-5 cm (40% konsumtion) och >5 cm (90% konsumtion). I figuren har bränslekonsumtionen angivits i gram per m², beräknat på medelvärdet av biomassa (dött växtmaterial) inom området, vilket var 283 gram per m².



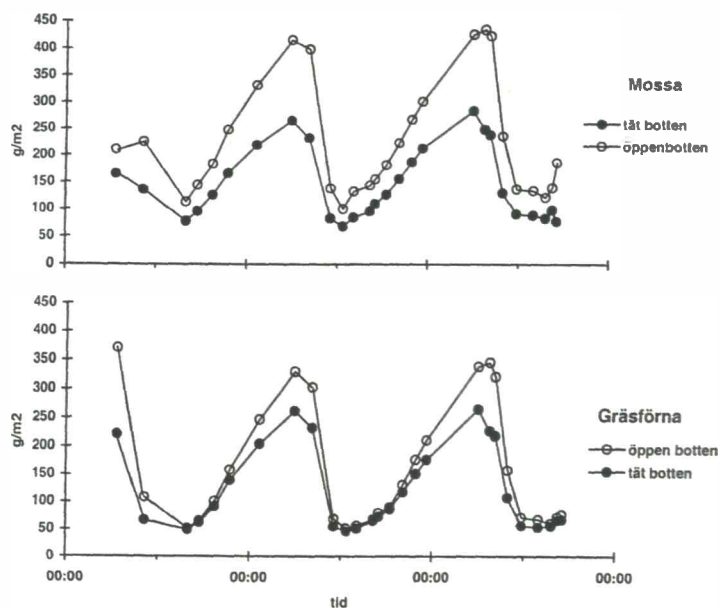
Figur 8. Bränslekonsumtion i relation till indexvärde för FFMC.

Dygnsfluktuation i bränslets fukthalt

För gräsförna som placerats på öppet fält, utan spärrskikt mot underliggande mark, varierade fukthalten över dygnet mellan ca 11 och 100% (Figur 9). Förna som låg på plast (utan möjlighet till återfuktning från marken) hade väsentligt lägre maxvärden (ca 60%). Fukthalten steg med jämn takt från tidig eftermiddag till sen natt. Under morgonen skedde sedan en snabb fukthaltssänkning; Denna var väsentligt snabbare än



Figur 9. Fukthaltsförändringar i % av materialets torrsvikt för två olika bränslebäddar över två dygn. Tidsnoteringarna är i svensk sommartid, vilket gör att högsta solstånd inträffar omkring 12.40 (Umeå ligger ca 5 breddgrader eller 20 minuter öster om tidsmeridianen). Mossa = *Pleurozium schreberi* motsvarande cirka 700 g/m². Gräs = *Vissnad Calamagrostis canescens* motsvarande cirka 300 g/m².



Figur 10. Samma data som i Figur 9, men uttryckt som mängd vatten per ytenhet.

återfuktningen. För bränslebädden av mossa var förloppen likartad som för gräsförnan, men den procentuella fukthalten var mycket lägre vid maximal uppfuktning under natten, vilket beror på att materialmängden var omkring dubbelt så stor för mossan. Räknat i gram vatten per m² var det inte någon större skillnad mellan de olika materialen (Figur 10), det vill säga upptaget respektive avgivningen av vatten per m² och timme var lika snabb för de två bränsletyperna.

Vädret var klart under de dygn när mätningarna gjordes, med temperaturer mellan 15 och 17 °C mitt på dagen och nära noll (markfrost) under tidig morgon. Den relativa luftfuktigheten var som lägst 57-60% mitt på dagen. Under nätterna var det stark dagbildning.

Diskussion

Fuktkorrelationer i gräsförna

Våren och försommaren 1998 var så fuktiga att bränningsprogrammet påverkades negativt. Det var ganska få dagar med fullt genomtorkad bränslebädd och därmed få testbränningar med sådana förhållanden. Likaså saknas dagar med riktigt låg luftfuktighet. De lägsta värdena låg kring 30%. Normalt är annars att man har åtminstone några få dagar med relativ luftfuktighet ner mot 20% under vår och försommar. I vissa avseenden var dock väderförhållandena snarast till fördel. Det blev ett flertal olika episoder av uppfuktning genom regn och efterföljande uttorkning, vilket underlättar analysen av denna process.

Resultaten visar att fukthalten förändras mycket snabbt i bränslebäddar av gräsförna. Den maximala fukthalten som förnan höll var ca 400%. Vid en förnamängd av 250 g/m² (2.5 ton/ha) innebär detta att maximalt 1 kg vatten kan magasineras per m², vilket bara motsvarar 1 mm nederbörd. Även om det regnar ihållande är det alltså en ganska liten mängd som stannar i förnaskiktet och det är en viktig orsak till att uttorkningen går så pass snabbt efter ett regn. För mossa-förnaskiktet i barrskog är detta maximala "vattenmagasin" väsentligt större, ofta kring 5 mm, och det tar därför längre tid att nå brännbarhet. Grovt räknat kan man säga att en dag med bra torkväder (sol och blåst och låg luftfuktighet) räckte för att få ner fukthalten i gräsförnans ytlager tillräckligt för att möjliggöra brandspridning. Motsvarande tid för normal skogsmark, med en bränslebädd av mossa och barrförna, är i storleksordningen en knapp vecka (Granström och Schimmel 1998).

FFMC är något för långsamt för att kunna prediktera denna snabba första upptorkning i ytlig eller fullt luftad gräsförna, men stämmer rätt väl mot bottenförnan (Figur 2). Vid FFMC-värden kring 50 var spännvidden i uppmätta bränslefukthalter i förnans ytskikt alltifrån 30-400%. En del av denna stora variation kan förklaras av att index budgeterar det senaste dygnets nederbörd utan hänsyn till när under dygnet nederbörden föll. När det gäller så snabba upptorkningsförlopp som här är det naturligtvis stor skillnad i verklig fukthalt om regnet föll kl 5 på morgonen eller 23 timmar tidigare. Index kommer emellertid att vara detsamma eftersom nederbörden bokförs till samma dag.

FFMC är designat för att beskriva ett krökt samband mellan index och fukthalt. Vid stigande indexnivå sjunker fukthalten i början raskt, för att så småningom böja av och plana ut. Det stämmer rätt väl med bilden i Figur 2, men med vissa skillnader för olika delar av bränslebädden. För låga FFMC-värden kan man säga att index beskriver fukthalten i det undre skiktet av gräsförnan bättre än i ytskiktet. För höga FFMC-värden är det tvärt om. Det väsentligaste för ett brandriskindex är naturligtvis att fukthalten beskrivs bra vid låga fukthalter. För ytförnan och lucker förna minskar variationen i fukthalt alltmer vid stigande indexnivå på FFMC, och vid de allra högsta indexnivåerna är fukthalten väl beskriven av FFMC (Figur 3). Den förbättrade precisionen vid stigande FFMC-nivåer beror antagligen på att fukthalten då stort sett regleras av bara en faktor, den relativa luftfuktigheten, vilken kan tas in i modellen med god precision. Under upptorkningsfasen efter regn, innan allt fritt vatten hunnit avdunsta, spelar många fler faktorer roll (vind, temperatur, tid sen regn, förnans struktur). Det är därför väntat att överensstämmelsen mellan index och verklig fukthalt skall vara svag under den första tiden efter regn.

Gräsförna kan skilja sig väsentligt vad gäller kvantitet och struktur, beroende på bland annat vilka arter som ingår och graden av snöpressning under vintern. Den kvantitet som uppmättes här (i medel ca 200-300 g/m²) är gissningsvis ganska typisk, även om det saknas motsvarande data från andra biotoper och regioner inom landet. Om snötäcket har varit tunt eller helt saknats, kommer förnalagret antagligen att vara väsentligt luckrare på våren än vad fallet var här, vilket påverkar både upptorkningen och brandspridningshastigheten. För förna som inte pressats ner av snön är det troligt att man får mindre differentiering i uttorkningshastighet inom förnan och att en större del av bränslebädden kommer att reagera lika snabbt som den luckra förnan (intill små videbuskar) och ytskiktet av gräsförnan gjorde i dessa försök.

En lucker bränslebädd resulterar också i högre spridningshastighet. I det kanadensiska "Fire behaviour prediction system" (Stocks et al. 1989) används skilda spridningsfunktioner för "matted grass" respektive "standing grass" (se nedan). Matted står då för snöpressat eller mejat, vissnat gräs. Det bör alltså vara ganska stora skillnader i potentiell brandrisk och brandbeteende beroende på om förnan legat pressad under snö eller inte, det vill säga mellan en typisk nordsvensk och en typisk sydsvensk situation.

Brandriskindex är skapade för att simulera situationen (fukthalt och brandspridning) för den torraste delen av dygnet, det vill säga mitt på dagen och tidig eftermiddag. Den uppmätning av fukthalt över två dygn som gjordes för bränslebäddar av gräsförna respektive mossor visar att förändringarna över dygnet är betydande. Jämviktsfukthalten för dött organiskt material ligger kring 35% vid 100% relativ luftfuktighet (fibermättnad). Här steg fukthalten väsentligt högre under natten, vilket berodde på daggbildning, men också på fuktvandring (i ångfas) från marken, vilket visas av den långsammare uppfuktningen av de bränslebäddar som hade fuktspärr mot marken.

Trots fukthalter väl över fibermättnad skedde upptorkningen raskt under morgontimmarna, i takt med stigande temperaturer. Tillskottet under natten var ca 300 g/m², motsvarande 0.3 mm vatten. För lucker gräsförna kan man anta att det är en så gott

som omedelbar respons i materialets fukthalt när den relativa luftfuktigheten förändras. Det borde alltså gå att beräkna en löpande brandrisk över dygnet. Här kan den stora skillnaden i daglängd mellan norr och söder spela in. Den förstärks ytterligare av att gräsbrandsäsongen i norr inträffar väsentligt senare i norra Sverige.

Brandspridning

Brandspridning i gräsförna är mycket snabb på grund av grässtrånas och gräsbladens ringa diameter och luckra arrangemang. Det ger också upphov till en del metodologiska problem vid testbränningar. När branden sprider sig snabbt är det svårt att få en tillräckligt jämn antändning av hela flamfronten. Det största metodproblemet är emellertid att vindstyrkan växlar ständigt och att det sällan är en jämn vind ens den korta tid elden tar att passera över provytan. Ändå uppvisar ISI (det index som simulerar spridningshastighet) en god korrelation med uppmätt brandspridning (Figur 6). Grovt räknat var spridningshastigheten i meter per minut nära två gånger indexvärdet, vilket är något lägre än den compensation som används i Kanada för att översätta ISI till spridningshastighet på gräsmark (Anonymus 1992). För "matted grass" (300 g/m²), det vill säga nedpressad förna beräknar man där spridningshastigheten till cirka fyra gånger ISI och för "standing grass" till tre gånger ISI. ISI är ursprungligen designat för en bränslebädd av tallbarr i skogsmark, där indexvärdet är tänkt att motsvara spridningshastigheten i m/min.

FWI gav ett sämre samband med spridningshastigheten än ISI (Figur 6), vilket är att vänta för denna typ av bränsle. FWI inkorporerar nämligen förutom ISI även DMC och DC, alltså de index som estimerar fukthalten i djupare markskikt i typisk skogsmark (Appendix 1). Sambandet var ännu sämre för FFMC (Figur 6). Detta index estimerar bara fukthalten och tar inte in vindstyrkan som en faktor annat än för upptorkningshastigheten.

Den successiva inväxningen av färskt gräs hade en mycket dramatisk inverkan på brandbeteendet. Vid de sista provbränningarna var spridningshastigheten bara en knapp meter per minut, trots ISI kring 4. Flamlängden var inte större än omkring 10 cm och det var en stark utveckling av vit rök som avspeglar det stora fukttinnehållet i bränslebädden. Vid denna tidpunkt var det omkring 100 gram färskt gräs (torrvikt) per m². Fukthalten i detta nya gräs var kring 250% och tillförde alltså ungefär 250 g vatten/m² eller 0,25 mm. Teoretiskt kan en väldigt liten mängd färskt gräs väsentligt bromsa elden. Om man har 250 g förna per m² med en fukthalt av 10% behövs det bara 23 g färskt gräs för att höja den genomsnittliga fukthalten för hela bränslebädden till 30%, vilket är den ungefärliga övre gränsen för att en brand alls skall kunna sprida sig i denna typ av bränsle. Detta resonemang förutsätter dock att förna och färskt gräs är så intimt sammanblandad att bränslebädden kan betraktas som homogen. I verkligheten växer gräset upp underifrån och ofta ganska ojämnt fördelat den första tiden. Först när årsväxten når upp i förnans ytlager kan den få en mer avgörande inverkan.

Den här säsongstrenden är specifik för gräs och örtdominerade biotoper och skiljer sig från den typiska skogsmiljön, där bränslet utgörs av mossa/förna och bärris (Schimmel och Granström 1997) vars struktur och egenskaper inte förändras

nämnavert över säsongen. Däremot är det inte bara rena kulturmarker som har dessa bränsleförhållanden. Starmyrar, liksom hyggen på bördig skogsmark, kan ha en rik och eldfängd bränslebädd på våren, men vara i stort sett obrännbara senare under sommaren.

Inväxningsprocessen torde variera en del mellan olika typer av gräsmark men framförallt regleras av temperaturen. Den viktigaste variabeln torde vara tidpunkten när tjälen har gått ur jordens ytskikt. Det är troligt att inväxningen av färskt gräs ganska väl kan inkorporeras i en brandriskvärdering. En enkel modell skulle kunna utgå från det datum när markytans temperatur når över ett visst gränsvärde.

Konklusioner

Trots att det kanadensiska brandrisksystemet inte primärt är designat för gräsmark gav det en ganska god beskrivning av såväl bränslets fukthalt som eldens spridningshastighet. FFMC har visserligen en för långsam torkfunktion för att hinna med den mycket snabba första upptorkningsfasen. Det kan göra att brandrisken undervärderas den första tiden efter regn. Vid höga FFMC-värden (det vill säga sedan det mesta av fritt vatten hunnit avdunsta, var det en bra koppling mellan index och bränslets fukthalt.

Den här testserien under 1998 inkluderar inga riktigt höga risknivåer till följd av den fuktiga våren och försommaren. Man bör därför vara försiktig att extrapolera sambandet mellan ISI och brandspridningshastighet. Likaså bör man tänka på att mätningarna gjordes på små ytor om bara 3 x 3 m. Av flera skäl är det nödvändigt att göra en så omfattande testserie som denna på små ytor, men vi har inte nog data för att översätta det till brandspridning i större skala. Det är troligt att skillnader uppträder främst vid höga risknivåer, eftersom man då har större flamlängder, vilket gör att det krävs en bredare flamfront för att nå konstant spridningshastighet.

Testbränningarna visade tydligt att elden kan sprida sig så snart ytförnan har torkat upp, trots att bränslet under är fuktigt. Det komplicerar överföringen av ISI eller FWI till en risknivå. Så länge elden bara rör sig i ytlagret är det lite bränsle som berörs. Intensiteten (och flamlängden) blir då förhållandevis liten även om brandspridningen är snabb, och elden är lättbekämpad även utan tillgång till vatten. När bränslet är upptorkat på djupet blir intensiteten mycket högre. Dessutom blir det betydligt svårare att släcka med exempelvis kvastar, därför att den kvävda elden åter snabbt flammar upp från glöd i bottenförnan. En ytterligare faktor är att risken för antändning sannolikt är starkt kopplad till fukthalten i den undre delen av förnan, eftersom brandinitieringen ofta sker där (via gnistor eller glöd från en fimp).

Det är uppenbart att brandrisksystemet måste kompletteras med en funktion som kompenserar för inväxningen av färskt gräs. Mycket talar för att årsväxtens dämpande effekt är accelererande med ökande inväxning och ganska snart (troligen redan innan en tredjedel av årsväxten hunnit upp) är brandspridningen så hämmad att gräsbrandsrisken kan räknas som låg eller obefintlig även vid höga indexvärden. Att föra in

denna process i brandriskvärderingen ter sig därför som ett mycket viktigt utvecklingssteg.

Inverkan av skillnader i dygnslängd och snöpressning är två faktorer som torde orsaka stora skillnader mellan norra och södra Sverige, och dessa bör analyseras vidare.

Likaså kan det behövas en tydligare beskrivning av hur brandrisken varierar över dygnet. Detta skulle kunna göra riskvarningar mycket mer precisa, vilket sannolikt skulle minska problemen bland annat i samband med avsiktliga bränningar av gräsförna under våren.

Referenser

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

Gardelin, M. 1997. Brandriskprognoser med hjälp av en kanadensisk skogsbrandsmodell. Rapport Räddningsverket P21-168/97.

Granström, A., & J. Schimmel. 1998. Utvärdering av det kanadensiska brandrisksystemet. Testbränningar och uttorkningsanalyser. Räddningsverket P21-244/98.

Landström, S., L. Lomakka, & S. Andersson. 1996. Harvest in spring improves yield and quality in reed canary grass as bioenergy crop. *Biomass and Bioenergy* 11:333-341.

Schimmel, J., & A. Granström. 1997. Fuel succession and fire behaviour in the Swedish boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research* 27:1207-1216.

Stocks, B. J., B. D. Lawson, M. E. Alexander, C. E. Van Wagner, R. S. Mc Alpine, T. J. Lynham, & D. E. Dubé. 1989. Canadian Forest Fire Danger Rating System: an overview. *Forestry Chronicle* 65:258-265.

Bilaga 1

Det kanadensiska brandrisksystemet har utvecklats under flera decenniers tid och har i sin nuvarande form använts sedan 1984. Sedan en tid är det under utprovning i Sverige (Gardelin 1997, Granström och Schimmel 1998). Det bygger på ett antal index som simulerar olika variabler vilka är väsentliga för bränders uppkomst och beteende. De olika indexen beräknas utifrån dagliga observationer av nederbörd, temperatur, relativ luftfuktighet, och vindstyrka. Till systemet hör också en "Fire behaviour prediction module" som möjliggör prediktion av förväntat brandbeteende i olika typer av skog och öppen mark (spridningshastighet, intensitet, omkrets efter olika tid sen start, bränslekonsumtion et c). Nedan görs en kortfattad beskrivning av de olika indexen i systemet, deras beräkningsunderlag och innebörd. De tre grundindex som beskriver fukthalten i olika bränsleskikt (FFMC, DMC, DC) är kumulativa, det vill säga de utgår från föregående dags indexvärde och aktuellt väder.

Index	Datainput	Modellerad variabel
FFMC	Nederbörd, temperatur, RH, Vindstyrka	Fukthalten i ett finfördelat bränsle på marken, motsvarande ytskiktet i en bränslebädd av tallbarr (250 g/m ²).
DMC	Nederbörd, temperatur, relativ luftfuktighet	Fukthalten i ett humuslager om 5 kg/m ² .
DC	Nederbörd, temperatur	Fukthalten i ett humuslager/torvlager om 25 kg/m ² .
BUI	DMC, DC	Mängden tillgängligt bränsle.
ISI	FFMC, vindstyrka	Spridningshastighet i ett standardbränsle (tallbarr).
FWI	ISI, DMC, BUI	Brandintensitet.

Räddningsverkets bibliotek
Karlstad



26152004057

Räddningsverket, 651 80 Karlstad
Telefon 054-10 28 89. Internet <http://www.raedningsverket.se>

Beställningsnummer P21-337/00. Telefon 054-10 42 86, telefax 054-10 42 87
ISBN 91-7253-058-8



15559

Ps * b

Gräsbrand