

Brandrisk- och konsekvensanalys för Gotska Sandön



Rapporter om natur och miljö | Rapport nr 2017:19

Brandrisk- och konsekvensanalys för Gotska Sandön

Annie Johansson

Kyllesjö Skog

Titel: Brandrisk- och konsekvensanalys för Gotska Sandön

Rapportnummer: 2017:19

ISSN: 1653-7041

Författare: Annie Johansson, Kyllås 1, 568 92 Skillingaryd

Foton: Markus Abrahamsson, Erik Hellberg Meschaks, Tomas Johansson & Mats Niklasson

Utgiven av: Länsstyrelsen i Gotlands län

Tryckår: 2017

Tryckeri: Länsstyrelsen i Gotlands län, Visby.

Rapporten finns att hämta i PDF-format på Länsstyrelsens webbplats:

www.lansstyrelsen.se/gotland

Innehåll

Sammanfattning	4
Inledning	5
Syfte	5
Metod	6
Risker och konsekvenser	6
Exempel på ekologiska konsekvenser av skogsbrand	8
Verktyg för att beräkna brandrisken	10
Historiska väderdata	12
Kartering av bränsletyper och bredden av brandhinder	13
Resultat	14
Bränsletyper på Sandön	14
Topografi	16
Risker	16
Brandspridningsprognoser	18
Potential för bränder – antändning och intensitet	20
Brandsäsongens längd	22
Brandens intensitet	22
Exempel på scenarier vid olika förhållanden	22
Konsekvenser på liv, egendom och miljö	25
Förslag till hantering av risker och konsekvenser	27
Nollalternativ	31
Förebyggande arbete	31
Beredskap	31
Vid hög brandrisk – varje dag	32
Kompetens hos personalen på ön	32
Vid brand – Initialt	33
Släckningsplan och prioriteringar	33
Stöd av helikopter	34
Räddningsinsats och efterbevakning	34
Släckningsutrustning och personal	35
Besökare	35
Förutsättningar för säker bedömning	35
Andra aktörer	35
Källor och Litteratur	36
Bilaga 1. Fire Danger and Fire Behavior Potential on Gotska Sandön	37
Bilaga 2. Fire Behavior Potential	39
Bilaga 3. Perioder som utmärker sig mellan 1995 och 2016	41

Sammanfattning

Denna studie visar att brandintensiteter som medför stora risker för såväl liv, egendom och miljö, kan förekomma på Gotska Sandön. Den visar även att det inte är ovanligt med torkperioder som innebär att i stort sett hela ön är brännbar och en skogsbrand kan på kort tid, på grund av öns avsaknad av brandhinder och lång tid för räddningsinsats, bränna av större delen av ön, med mycket hög trädmortalitet som följd. Om inga åtgärder görs förväntas riskerna långsamt öka. Läget, bränsletyperna och klimatet gör att utmaningarna är stora, men det finns många åtgärder som kan underlätta arbetet. Rapporten innehåller förslag på hur konsekvenserna av uppkomna bränder kan minskas genom att bränslemängden reduceras genom bränning i väl utvalda och planerade områden i landskapet.

För en ökad beredskap föreslås, bland annat ökad samverkan mellan länsstyrelsen och räddningstjänsten, ökad utbildning, rutiner för tidig upptäckt, mekanisk minskning av bränsle intill byggnader, skapa en skyddszon kring Fyrbyn och en väl etablerade evakueringsplan. Det initiala arbetet efter uppkommen brand är av helt avgörande betydelse, vilket innebär att Sandö-personalens kunskap, tillgång på utrustning och daglig dialog med räddningstjänst, tillsammans med ställtiden för räddningstjänsten, tillgång till helikopter, är av avgörande betydelse för brandens utveckling och därmed konsekvenser.

Inledning

En ny skötselplan för Gotska Sandön ska tas fram. För det arbetet och för den framtida förvaltningen är det av stort intresse att vidare utreda frågor omkring hantering av brand, både naturligt uppkomna och eventuellt anlagda bränder i både skötsel och säkerhets-syfte. Av särskild vikt är att identifiera hur ofta/stor risken är för snabb brandspridning då öns isolerade läge försvårar större och snabba insatser.

Ön saknar naturliga brandhinder och merparten av vegetationen på ön domineras idag av ljungdominerad tallskog, en naturtyp med hög potential till snabb brandspridning och stora avbrända arealer. Skogsbrand har historiskt varit frekvent förekommande på ön, vilket är visat genom dendrokronologisk analys (Niklasson 2015). I rapporten finns brandhistoriken beskriven både genom branddateringar och bränders utbredning på ön mellan åren 1487 – 1917 och visar tydligt att brand varit en del av skogsdynamiken på ön. Bränder har av allt att döma orsakats både naturligt, genom blixtnedslag, samt av människan. Många bränder hade täckt stora delar av öns yta, t ex bränderna 1739 och 1880. Branden 1880 hotade tidvis Fyrbyn genom starka vindar och snabb brandspridning. Sedan 1917 har inga större bränder uppkommit men under de sista tio åren har blixtnedslag antänt skogen två gånger (2006 och 2014). Båda gångerna har personal på ön lyckats släcka bränderna som fått relativt begränsad spridning. Dessa två bränder visar tydligt att det finns potential för naturlig brand på ön, bränder som kan se väldigt olika ut beroende på vädret vid brandtillfället samt föregående uttorkning.

Med ovanstående bakgrund har det bedömts att skogsbrand har en stor ekologisk betydelse för bevarandet av Gotska Sandöns unika natur. Detta är också tydliggjort i bevarandeplanen för Natura 2000 området ”Gotska Sandön - Salvorev SE0340097” samt i flertalet utredningar om den unika skalbaggsfaunan på ön. Men, det är också tydligt att det pga stora mängder bränsle och rådande meteorologiska förhållanden finns stora risker förknippade med skogsbrand. En grundlig kunskap om dessa risker och hur de kan hanteras är av största vikt för att forma förslagen i den nya skötselplanen och hur förvaltaren av Gotska Sandön konkret ska hantera dessa risker.

Syfte

Syftet med denna utredning är att öka kunskapen om vilka konsekvenser en skogsbrand kan få för människors säkerhet, egendom och den skyddsvärda naturen på Gotska Sandön.

Utredningen utgör ett beslutsunderlag i arbetet med nya skötselplanen och ska stödja att beslut om skötselplanens inriktning för hantering av risker och för att bedöma möjligheter att på ett säkert sätt återinföra skogsbranden som en naturlig process i ekosystemet på Gotska Sandön.

Metod

Risker och konsekvenser

Risk och konsekvens används enligt följande: Risken beskriver möjligheterna för att brand kan uppstå, hur lättantändligt bränslet är, möjligheterna för att den kan sprida sig i vegetationen och hur mycket bränsle som är tillgängligt för att göra branden intensiv. Risk för att en brand ska starta av annat än blyxtantändning involverar riskerna som skapas av mänsklig aktivitet, men denna faktor behandlas inte i rapporten.

Konsekvenserna ska beskriva följderna av en brand. På Gotska Sandön kan en skogsbrand leda till konsekvenser för människor som vistas på ön både vid brandtillfället och efter att den är släckt, det påverkar vilka metoder med vilka branden kan släckas och hur vegetationen kommer att förändras på det avbrunna området, både på kort och lång sikt. En målsättning är att identifiera åtgärder och metoder som kan bidra till att minimera konsekvenserna vid en skogsbrand, även om riskerna är höga.

Med detta som bakgrund syftar denna rapport till att visa vilka risker som faktiskt råder på Gotska Sandön. I stora drag ska den besvara frågorna hur ofta en brand kan uppstå oavsett antändningsorsak, hur intensiv en brand kan bli och vilka konsekvenserna kan bli för dessa bränder, samt vad man kan göra för att minska konsekvenserna av en skogsbrand. Uppdraget är att besvara delfrågorna nedan vad gäller risker och konsekvenser vid uppkomst av eventuella skogsbränder på ön.

- ”Spridningsscenarier”. Det är av mycket stor vikt att förstå hur snabbt bränder kan sprida sig under olika väderscenarier. Detta ger svar på vid vilka väderlägen (vind, temp, etc) man kan förvänta sig långsam resp. snabb spridning. För att göra spridningsscenarier användes det kanadensiska FBP, Fire Behavior Prediction System. Systemet beskriver brandbeteendet, spridningshastighet samt bränd areal vid olika väder- och upptorkningsförhållanden. De beskriver även kortfattat brandens påverkan på vegetationen, som till exempel trädmortalitet och humuskonsumtion. Scenarierna ska även tydliggöra risker för personal och byggnader, samt användas för att beskriva de ekologiska konsekvenserna av skogsbrand vid olika förhållanden. Scenarierna kan användas som beslutsunderlag för både länsstyrelse och räddningstjänst. Genom att sammanställa historiska brandriskprognoser för en lång tid bakåt erhålls också sannolikheten för olika spridningsscenarier.
- Kan riskerna och/eller konsekvenserna av en brand minska på något sätt? Idag är ljung och markväxande mossor (främst hus- och väggmossa) den helt dominerade bränsletypen över hela ön. Det är en lättantändlig bränsletyp, där stor mängd bränsle kan leda till högintensiva bränder. Avsaknaden av brandhinder gör att en brand kan bli mycket stor. Ett sätt att minska risken för sådana bränder är bränning. En bränning utförd under noga utvalda upptorkningsförhållande och väderlek innebär att elden konsumerar en del av markbränslet och den brända ytan kan vid skogsbrand fungera som brandhinder, dvs en bränslereducerande bränning. En beskrivning av hur och i vilken omfattning bränning kan förändra bränsletyperna i landskapet, och hur detta kan minska konsekvenserna för personer, egendom och vegetation.

- ”Nollalternativ”. Vilka risker innebär det att inte göra någonting? Förändras bränsletyperna över tid och hur påverkas i så fall brandbeteendet vid skogsbrand av dessa förändringar?
- ”Säker bränning”. Ge en beskrivning av vilka åtgärder som behövs för att bränningar kan genomföras med god säkerhet. Beskrivningen ska innehålla exempel på förberedande åtgärder som till exempel: val av område, avgränsningar, skapande av mineraljordssträngar, röjning av bränsle och skapande av vattenresurser. För att hålla god säkerhetsnivå vid genomförande beskrivs en rekommenderad mängd tillgänglig utrustning, samt begränsningar i upptorkningsnivåer och väderförhållanden. Om det finns områden som innebär mycket stora säkerhetsrisker, så omnämns de. Detta är en komplettering av den befintliga brandplanen.
- ”Skogsbrand”. Vilka möjligheter finns det att minska konsekvenserna av skogsbränder? Om det uppstår en brand på ön med de bränsletyperna, samt bränslemängden som finns idag innebär det risker för de som vistas där. Räddningstjänsten (Visby) bedömer att de har tre timmar från larm till att de kan vara på plats med personal och utrustning på ön (ett fåtal personal från räddningstjänsten kan i vissa fall flygas ut, men då detta inte alltid är möjligt utgår bedömningen på 3 timmars båt- och bilresa). I detta uppdrag ingår: att nämna de åtgärder som personalen på plats bör kunna utföra fram tills att räddningstjänsten anländer, samt även under räddningsinsatsen, inklusive skyddsavbränning. Vidare ingår att beskriva vilka resurser och organisation som bör finnas för att fortsätta eftersläckning då insatsen är avslutad, samt att visa vilka områden som är lägst prioriterade och man kan ”tillåtas brinna”, inom säkra begränsningslinjer. Detta för att resurserna troligen kommer vara begränsade och prioriteringar i insatsen då måste göras. Punkten utformas i samråd med Räddningstjänsten i Visby.

Arbetet utgår ifrån rapporterna ”Skogshistoria och bränder på Gotska Sandön” och ”Brandplan för Gotska Sandön” (Niklasson 2015 och Niklasson & Abrahamsson 2015).

Exempel på ekologiska konsekvenser av skogsbrand

En brand i skogsmark beter sig olika beroende på vilken bränsletyp/vegetation som brinner, vilken fukthalt bränslet håller, samt väderförhållandena under branden (Granström). Intensiteten (effektutveckling) och branddjupet (hur mycket av markens förna och humus som konsumeras av elden) påverkar vilken vegetation som kommer att finnas på platsen efter branden, men har också en avgörande påverkan på den personliga säkerheten både för de som är besökare på ön samt för räddningstjänstens personal och deras val av släckningsmetod.

En lågintensiv markbrand innebär oftast små konsekvenser i form av till exempel ett ytligt avbränt mosslager där risväxter överlever och snabbt återetablerar sig från överlevande jordstammar (se bilder nedan). En markbrand efter en lång torrperiod kan ge upphov till lång tids glödbbrand som då konsumerar en stor del av humusskiktet och även trädrötter. Detta kan leda till omkullfallna träd, öppen mineraljord med möjlighet för nyetablering av nya arter på platsen dvs möjlighet för total förändring av vegetationen på området. En lågintensiv brand kan därmed resultera i låg trädmortalitet, som i det första exemplet, eller hög mortalitet efter en lång tids glödbbrand som i det andra exemplet. En mer intensiv brand som har tillräcklig värmeutveckling för att döda större delen av trädkronorna innebär hög omedelbar mortalitet i trädsiktet, vilket ger utrymme för befintlig och/eller ny markvegetation. Huruvida branden blir en lågintensiv markbrand eller högintensiv kronbrand beror på de tre faktorerna väder, topografi och bränsle. Dessa tre faktorer utgör de viktigaste parametrarna för att kunna bedöma dels hur stor risken är för större bränder samt dels hur stor yta bränder kan täcka samt hur stor dödligheten blir under olika scenarier. Uppmätta väderdata från platsen av avgörande betydelse för att kunna beskriva dessa effekter.



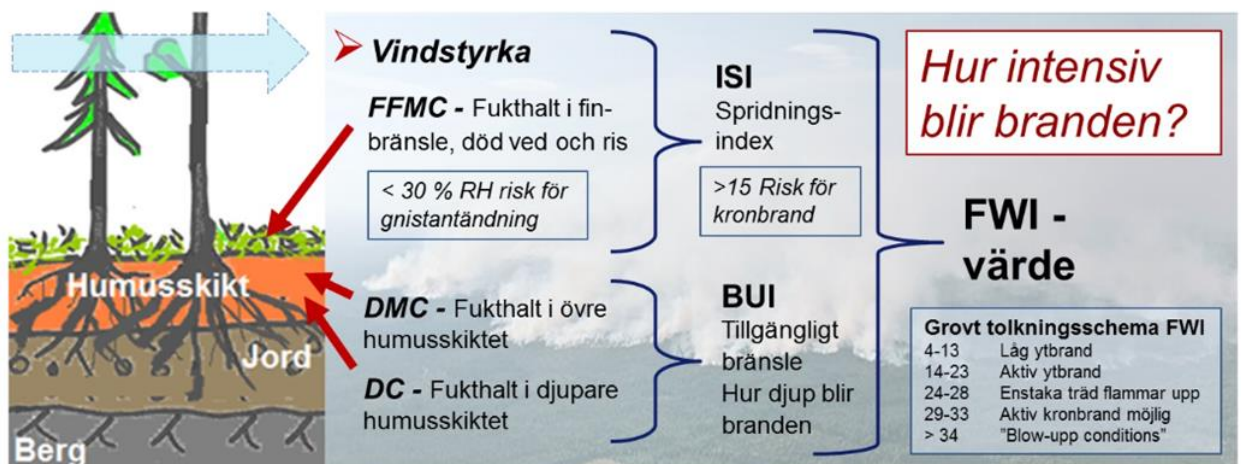
Bilder överst: en lågintensiv grund markbrand (Gotska Sandön 2006, fyra resp. tio år efter brand).

Bilder mellan: lågintensiv djup brand (Västmanland 2014, en vecka efter brand), respektive en intensiv och grund brand (Lanna, 2017, en månad efter brand).

Bilder nederst: intensiv och djup brand med hög direkt mortalitet i trädskiktet (Västmanland 2015, direkt efter, samt ett år efter brand).

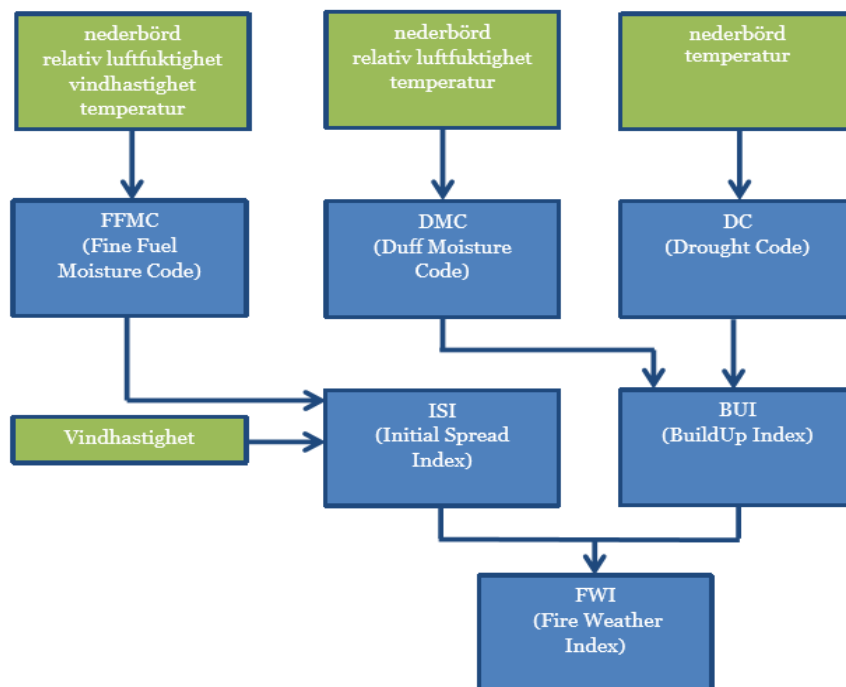
Verktyg för att beräkna brandrisken

För att bedöma brandrisken och förstå vilka konsekvenser bränder kan innebära under olika förhållanden har här använts det kanadensiska brandrisksystemet CFFDRS, Canadian Forest Fire Danger Rating System. (Forestry Canada Fire Danger Group. 1992) Det består bl.a. av de två huvuddelarna: FWI, Fire Weather Index och FBP, Fire Behavior Prediction System. Dessa kan översättas till brandriskprognoser (FWI) och brandbeteendeprognoser (FBP). I faktaruta 1 beskrivs ingångsvärden som används för att beräkna brandrisker och komponenter i denna. Brandrisksystemet visar vilket riskläge som råder, i form av bland annat antändningsmöjlighet och mängd tillgängligt bränsle, baserat på en utvald standardbränsletyp och plan mark. Figur 1 visualiserar detta system utifrån förhållanden i skog. Genom att göra brandbeteendeprognoser beskrivs vilket beteende och spridningshastighet en brand kan ha under en viss risknivå. För att ta fram denna prognos tas även hänsyn till vilken slags bränsletyp som finns på platsen, markens lutning, samt en rad andra faktorer. Uppbyggnaden av FBP-systemet visualiseras i figur 2. Genom att använda FBP kan man framställa kartor över brandens förväntade spridningsförlopp och utbredning tre timmar efter antändning. Tidpunkten är vald i samråd med räddningstjänsten på Gotland, beskrivs mer i kapitel "Förebyggande arbete".



Figur 1: Översiktlig beskrivning av FWI-index (Räddningstjänsten Medelpad).

FAKTARUTA: Översikt över ingångsvärden samt de olika indexen i brandrisksystemet, FWI. (efter Brandrisk skog och mark, MSB).



Värdet på brandrisken enligt FWI-modellen räknas fram med utgångspunkt ur följande värden. Ett lågt värde på anger hög fuktighet medan ett högt värde anger torka

- **FFMC** (Fine Fuel Moisture Code) representerar fuktigheten för finbränslet. Koden är en indikator på hur lätt gnistor kan antända och "flammability" på finbränslet. FFMC-värdena befinner sig på en skala mellan 0 - 101. Antändligheten för skiktet inträffar normalt vid värden över 75. Värden över 90 innebär normalt extremt lätt antändlighet.

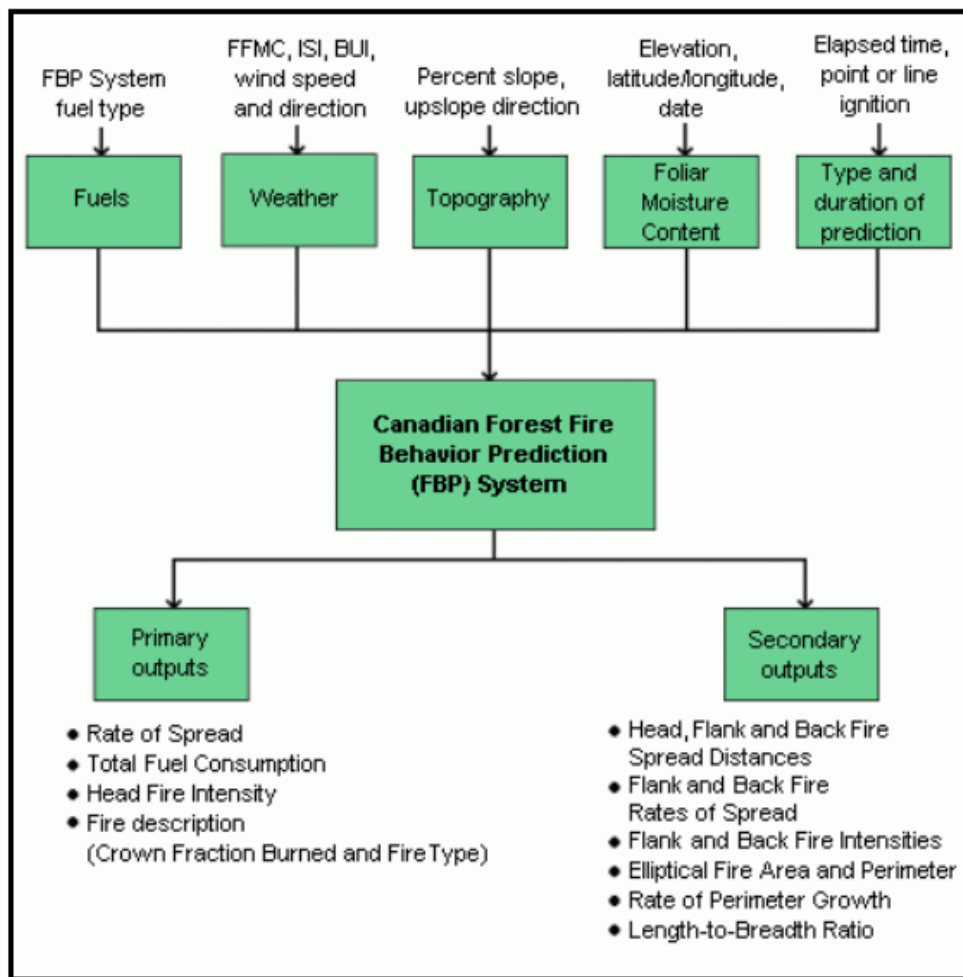
- **DMC** (Duff Moisture Code) representerar fuktigheten i ett något djupare skikt. DMC-värdena befinner sig på en skala mellan 0-150 men har ingen absolut övre gräns. Då värdet överstiger ca 30 är skiktet brännbart, värden över 50 innebär att en glödbrand kan bli mer ihållande. Höga värden innebär även mer tillgängligt bränsle som bidrar till högre intensitet. DMC blir sällan över 100 i Sverige, men om det gör det så är det först efter en längre tids torka.

- **DC** (Drought Code) visar fukthalten i tjocka kompakta humuslager och grova grenar. Skalan för DC går från 0-1200 men har ingen absolut övre gräns. Värden över 300 innebär djupare glödbränder, och över 500 kommer stor del av humuslagret konsumeras och glödbanden kräver omfattande eftersläckningsarbete. DC-värdet blir sällan över 600 i Sverige.

- **ISI** (Initial Spread Index) beräknas ur FFMC och förstärks av vindhastigheten. ISI kan ses som ett mått risk för antändning och spridning. Skalan för ISI sträcker sig mellan 0-50, där ett lågt värde anger låg spridningshastighet och ett högt värde anger hög spridningshastighet. Värden över 10 innebär att branden kan börja klättra upp i kronorna och innebär höga risker. Värden över 30 är mycket ovanliga för svenska förhållanden.

- **BUI** (Buildup Index) beräknas som ett viktat medelvärde av DMC och DC och kan ses som "mängden tillgängligt bränsle" och ett allmänt fuktighetsmått för de något djupare markskikten. BUI-värdena befinner sig på en skala mellan 0-150 men har ingen teoretisk övre gräns. Värden över 80 kan innebära höga intensiteter som medför stora risker. Högre värden än 130 är ovanliga i Sverige.

- **FWI** Det slutliga brandriskvärdet (Fire Weather Index) beräknas ur en kombination av ISI och BUI och beskriver risken för hög brandintensitet. I Sverige har FWI översatts till ett brandriskindex i sex klasser (1-5E) med stigande värde för ökande brandrisk.



Figur 2. Uppbyggnaden av FBP-systemet med dess komponenter, indata och produkter.

Historiska väderdata

FWI-systemet bygger på flera underindex som ger djupare beskrivning av vilka slags risker som råder. För att ta fram FWI-index behövs kontinuerligt värden (dagligen kl 12.00 normalt, 13.00 sommartid) av väderfaktorerna temperatur, luftfuktighet och vindhastighet, samt dygnsnederbörd. SMHI presenterar dagligen FWI-värden för hela Sverige. Tyvärr är Gotska Sandön i dagsläget inte med i denna presentation, vilket innebär att det inte finns historiska riskvärden. Via SMHI's hemsida finns dock de väderdata som behövs för att ta fram samtliga FWI-värden. För att få fram brandrisk-prognoser används temperatur, luftfuktighet, vind och nederbörd uppmätta på Gotska Sandöns väderstation under åren 1949–2016. I bilaga 1 beskrivs i detalj, vilka data som är använda för att ta fram värdena för Gotska Sandön. Detta har utförts av Mark Heathcott, Kanada.

När väderdata enligt ovan (vind, luftfuktighet, temperatur och nederbörd) tagits fram användes programvaran Remsoft Inc (Fredericton Canada) software WeatherPro3, version 3.09 för att beräkna samtliga FWI-värden: FPMC (Fine Fuel Moisture Code), DMC (Duff moisture code), DC (Drought Code), ISI (Initial spread Index), BUI (Buildup Index) och FWI (Fire Weather Index). Dessa värden användes som ingångsvärden i FPB-

beräkningarna. Genom att använda FBP-modellen togs intensitetsvärden fram för varje dag mellan april till oktober (ej för vinterhalvåret, se beräkningsmetoder i bilaga 2). Resultatet illustreras i en bild där varje färg visar vilken intensitet en brand skulle ha haft respektive dag.

Kartering av bränsletyper och bredden på brandhinder

För att kunna använda kanadensiska brandbeteendeprognoiser klassades Sandöns vegetation in i FBP-systemets bränsletyper. Modellen har 16 olika standardbränsletyper (Taylor, S. W.; Pike, R.G., Alexander, M.E. 1997), där klassningen avgörs av hur vegetationen brinner, inte efter arter. Varje bränsletyp beskrivs utifrån:

Markbränsle och organiskt skikt	Ytbränsle och klätterbränsle	Beståndsstruktur
Vilken typ av bränsle som bär elden framåt, ex fjädermossor, gräs eller barr, samt beskrivning av humusdjup.	Förekomst av bränsle ovan markbränslet, ex risväxter, stående och liggande död ved, avverkningsrester, kärlväxter samt förekomsten av underväxt som branden kan ”klättra upp i”.	Beskrivning av trädskiktet, trädhöjd, sammansättning, krongräns höjd, kontinuitet, löv/barrmassa.

För att vidare bedöma riskerna för spridning karterades brandhinder i terrängen. Ett brandhinder som ska hindra en brand från att passera ska, enligt en kanadensisk tumregel, vara minst 1,5 gånger så brett som flamhöjden, (Alexander, M muntligt). Detta gäller inte med hänsyn till gnistkast.

Resultat

Bränsletyper på Sandön

Skogen

Gotska Sandön består till allra största delen av ljungdominerad äldre tallskog. Underväxt är generellt sparsam men förekommer i form av grupper med tallföryngring. Ljungen kan ibland vara högväxt. Beräkningarna i denna rapport bygger på FBP-bränsletypen C-3 som bedömdes vara den bäst matchande. Den beskrivs enligt följande:

- Markbränsle och organiskt skikt: Kontinuerlig bädd av mossor, medeltjockt (ca 10 cm) kompakt humuslager.
- Ytbränsle och klätterbränsle: Inslag av underväxt av barrträd förekommer, liten förekomst av nedfallna träd, träd Kronorna väl separerade från markbränslet.
- Beståndsstruktur och komposition: Fullt beskogat av äldre tallskog (Mature Jack or Lodgepole Pine).

På några punkter skiljer sig förhållandena åt på Gotska Sandön jämfört med bränsletypen C-3:

- Humusdjupet på Gotska Sandön är på stora områden mycket djupt, på vissa platser upp till 30 cm. Det innebär att det finns möjlighet till en större mängd markbränsle som kan ge högre intensitet än modellen.
- Mängden underväxt skiljer sig. Variationen på ön är stor, och det finns områden med kraftig underväxt (nästan uteslutande tall) och områden, som på bilden, där underväxten i stort sett är mycket sparsam.
- En annan skillnad är att klassen C-3 bygger på en lägsta krongränshöjd på 8 m. Krongränsen på Gotska Sandön varierar kraftigt, men på många områden är den betydligt lägre. Detta medför att markbrand lättare kan spridas upp i kronorna vilket därmed ger en högre brandintensitet. För att ta hänsyn till den lägre krongränsen på ön har FBP-modellen i detta fall använt 4 m som krongräns (bilaga 2).
- En ytterligare avvikelse att ta hänsyn till är mängden ljung, som på delar av ön är mycket kraftig. Det är mycket vanligt med ljung som är 50-70 cm hög, även högre förekommer. Ljungen bidrar till ökad intensitet och ökar risken för spridning till kronorna.



Bilden ovan till vänster visar ”standardbränsletypen C-3”. Till höger visas motsvarande bränsletyp på Gotska Sandön.

Strandnära igenväxande dyn

Det bör nämnas att vegetationen på den s.k. randdynen skiljer sig tydligt från den ovan beskrivna bränsletypen. Randdynen var mestadels öppen sand fram till för ungefär 100 år sedan, merparten är idag i succession mot skog och öppen sand täcker endast små arealer. I dessa områden är humusdjupet i stort sett obefintligt, markbränslet består ofta av lav och/eller gräs och beståndstrukturen



beskrivs som gles tallskog med grenar ner till markbränslet. På bilden nedan visas en bild på bränsletypen tagen norr om Österbovägen. Lav på väldränerad sandmark, torkar mycket snabbt ut vid låga luftfuktigheter och antändligheten kan bli mycket hög på kort tid. Detta gör att denna bränsletyp har extremt stor möjlighet att antändas av gnistkast. Den solexponerade och snabbtorkande laven gör också att branden har mycket lätt att sprida sig vidare, och bränsletyper som denna kan skapa högintensiva bränder (Alexander, M. E.; Stocks, B.J.; Lawson, B.D. 1991). Eftersom dessa områden kantar hela ön och ligger längst ut mot stranden har vinden en stor påverkan. Ett gnistkast här kan därför lätt antända dessa områden och med vindens påverkan snabbt sprida branden vidare mot de inre delarna av ön. Denna bränsletyp kan jämföras med C1 i FBP-systemet. Denna bränsletyp bildar ett bälte mellan sandstranden och tallskogen i centrum på ön, och varierar från några få meter till flera hundra meters brett ”gnistuppfångande bälte”.

Övriga bränsletyper

Små partier utgörs av annan typ av vegetation än den som beskrivits ovan. Runt Fyrbyn och Gamla Gården finns gräsbevuxen ängsmark. Intill bland annat Höga Åsen förekommer flera mindre områden med lövskog och det finns tallskog med stort inslag av idegran intill Kapellänget. På lite större områden i tallskogen, framför allt på Högaland och kring Gamla gården, utgörs markvegetationen till stor del av gräs. Ovan beskrivna områden bedöms vara av mindre betydelse vid bränder som inträffar under höga brandrisker och är därför inte med i beräkningarna.

Brandhinder

Öppen sandmark kan fungera som brandhinder. Inne i skogen finns mindre sandblottor. De flesta är delvis överväxta av lav eller är så små till ytan att de i dagsläget inte bedöms ha någon hindrande effekt vid en skogsbrand.

Vägarna på ön, som bland annat Tärnuddsvägen, Nya Österbovägen, Hamnuddsvägen och Österbovägen är har en bredd på 1-2 meter. De kan hindra brandspridning av en mycket långsam brand med en flamlängd på cirka 0,5- 1,5 m (förutom hänsyn till gnistkast), vilket motsvarar ungefär intensitetsklass 2.

Topografi

Lutning har påverkan på brandens beteende och spridningshastighet. Topografin på Gotska Sandön är ur brandsynpunkt, förutom småskaliga lutningar intill sanddynerna, samt längs Höga Åsen, så svag att den inte är medräknad i FBP-beräkningarna.

Risker

Antändning

För att en gnista ska kunna antända markytan krävs en kombination av låg luftfuktighet (som torkar ut översta markskiktet och därmed höjer FFMC) och vind (som i kombination med FFMC ökar ISI-värdet). Brandriskvärden för åren 1995 – 2016 visar att det i stort sett varje år förekommer dagar då antändningsrisken och/eller spridningsrisken är hög. På grund av hög luftfuktighet är dock FFMC sällan på extrema nivåer. Väderdatat visar att det endast förekommit åtta dagar med RH mindre än 30 % och endast 31 dagar med en luftfuktighet under 40 %. Lägsta noterade RH är 23 % (28 april 2014). Spridningsrisken visas genom indexet ISI, som är en kombination av FFMC (RH) och vind. I den studerade tidsperioden förekommer det ofta starka vindar, vilket innebär att trots höga luftfuktigheter förekommer dagar med hög spridningsrisk. Vilken typ av bränsletyp en antändning sker i har också betydelse. På Gotska Sandön är randdynen med lav som dominerande finbränsle på marken ett mycket lättantändligt bränsle. Denna bränsletyp fungerar idag som ”fångstarm” då den omger hela tallskogen.

Långa torrperioder

Väderhistoriken visar de perioder då långvarig torka förekommit. Perioder då DC-värdet har varit högt visar då det varit längre perioder med liten nederbörd, vilket leder till att även de nedre humusskikten torkar ut och blir brännbart. Då DC-värdet ligger över 300 har de djupare humuslagren torkat ut och är därmed tillgängligt bränsle, som kan bidra till att branden kan bli mer intensiv, men framför allt bidrar till ökad omfattning av glödbbrand. En djup brand där en glödbbrand konsumerat en stor del av humusskiktet får även större konsekvenser på vegetationen. Dels för att rötterna på nuvarande trädsikt kan brinna av och dels för att mineraljorden blottas och ger utrymme för nya arter att etablera sig på platsen.

Bilden nedan visar DC-värden på Gotska Sandön under 67 år, från 1949 till 2016. Den visar att det, med några få undantag, finns en torrperiod varje år då en glödbbrand i de nedre humusskikten är möjlig ($DC > 300$). Det har under 52 av de totalt 67 senaste säsongerna varit DC högre än 400, vilket innebär en kraftigt djup brand som involverar rötter och djupa humusskikt. Detta resulterar i glödbbränder som gör eftersläckning mer omfattande och arbetskrävande. Det innebär även att en glödbbrand kan hålla sig vid liv längre och, tillsammans med vind, vara orsaken till att branden blossar upp igen. Då DC-värdet går över 500 (den röda linjen) är det extremt torrt och eftersläckning blir enormt krävande, samt risken för återtändning är hög under lång tid. Av de 67 år som visas nedan har värdet varit över extremgränsen 25 gånger. År 1952 toppas DC med ett värde på närmare 1500. Stapeln visar att höstens och vinterns nederbörd, som generellt blöter ner hela humusskiktet under vissa år ej nått djupare lager utan nästa års brandsäsong börjar med att humusskikten redan är uttorkade. Dessa, s.k. ”övervintrande DC” som syns mest tydligt 1952-1953, samt även 1976-1977, 1996-1997 och 2015-2016 och kan innebära att intensiva och djupa bränder kan inträffa redan tidig vår.

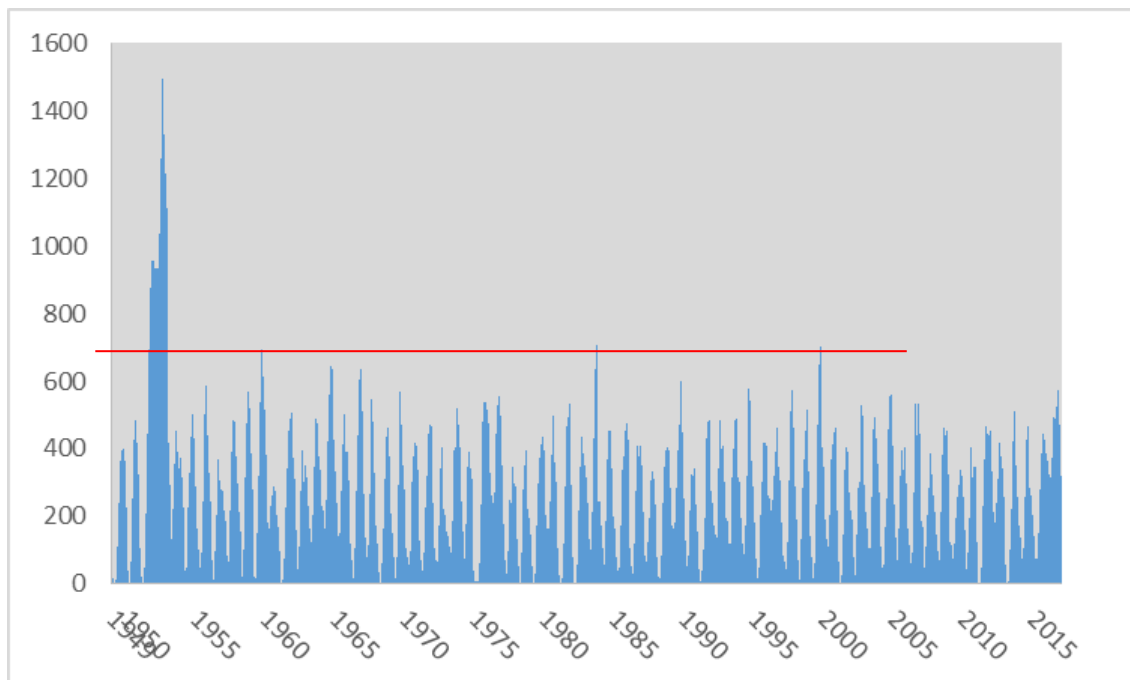


Bild: DC-värden från Gotska Sandön mellan 1949 och 2016. Den röda linjen markerar gränsen för ”extremt torrt” ($DC > 500$) i de nedre humuslagren.

Brandspridningsprognoser

I brandriskprognoserna presenteras samtliga FWI-index varje dag, året runt för åren 1995 - 2016. De representerar den högsta möjliga risken för dagen, vilket är under sen eftermiddag. Följande resultat finns presenterade i excelfiler:

- DC-värden från jan 1949 till dec 2016
- Samtliga FWI-värden, dagligen, för tidsperioden 15 dec 1995 – 31 dec 2016.
- Brandbeteende, dagligen; frontens spridningshastighet, intensitet mm för brandsäsongerna (1 april – 31 oktober) för åren 1996 – 2016.

För att få en idé om den bortre gränsen, det mest extrema scenariot valdes dagen med det högsta FWI-värdet ut för varje år. För denna årets mest extrema dag, beräknas typ av brand, spridningshastighet, intensitetsklass, spridningsavstånd från start och bränd areal 3 timmar efter antändning.

Tabell 2 visar den dagen som har det högsta FWI-värdet för respektive år 1995-2016. I kolumnen ”Typ av brand” anger om branden är en markbrand: S, Surface fire, en brand som involverar kronor/delvis kronbrand: IC, Intermittent Crownfire eller en kronbrand: CC, Continuous Crownfire. Brandintensiteten klassas in i fem olika intensitetsklasser, där klass 5 är den högsta. Spridningshastigheten är brandfrontens spridningshastighet i antal meter per minut. Spridningsavstånd från start är avståndet mellan startpunkten och fronten efter att det brunnit i tre timmar. Den sista kolumnen visar den yta som bedöms vara bränd efter tre timmar, i antal hektar. Listan grundar sig på FPB-systemet (Taylor, Pike, Alexander, 1997)

Under dessa 21 år som studien omfattar har den ”värsta dagen under säsongen” inneburit mycket olika risknivåer. Det året som har det långsammaste spridning denna dag är 2015 då en markbrand rör sig med spridningshastigheten i brandfronten ungefär 1 m/min. Det året med den högsta visade brandrisken är 1999 då en obekämpad brand skulle utvecklas till en kronbrand, där fronten sprider sig med ungefär 26 m/min och skulle kunna bli 300 ha vid den tidpunkten då räddningstjänsten når stranden. Det är en brand som på grund av den höga intensiteten, inte kan bekämpas med direkt attack, utan istället med indirekt attack och insatsen kommer få fokusera på att evakuera människor på ön.

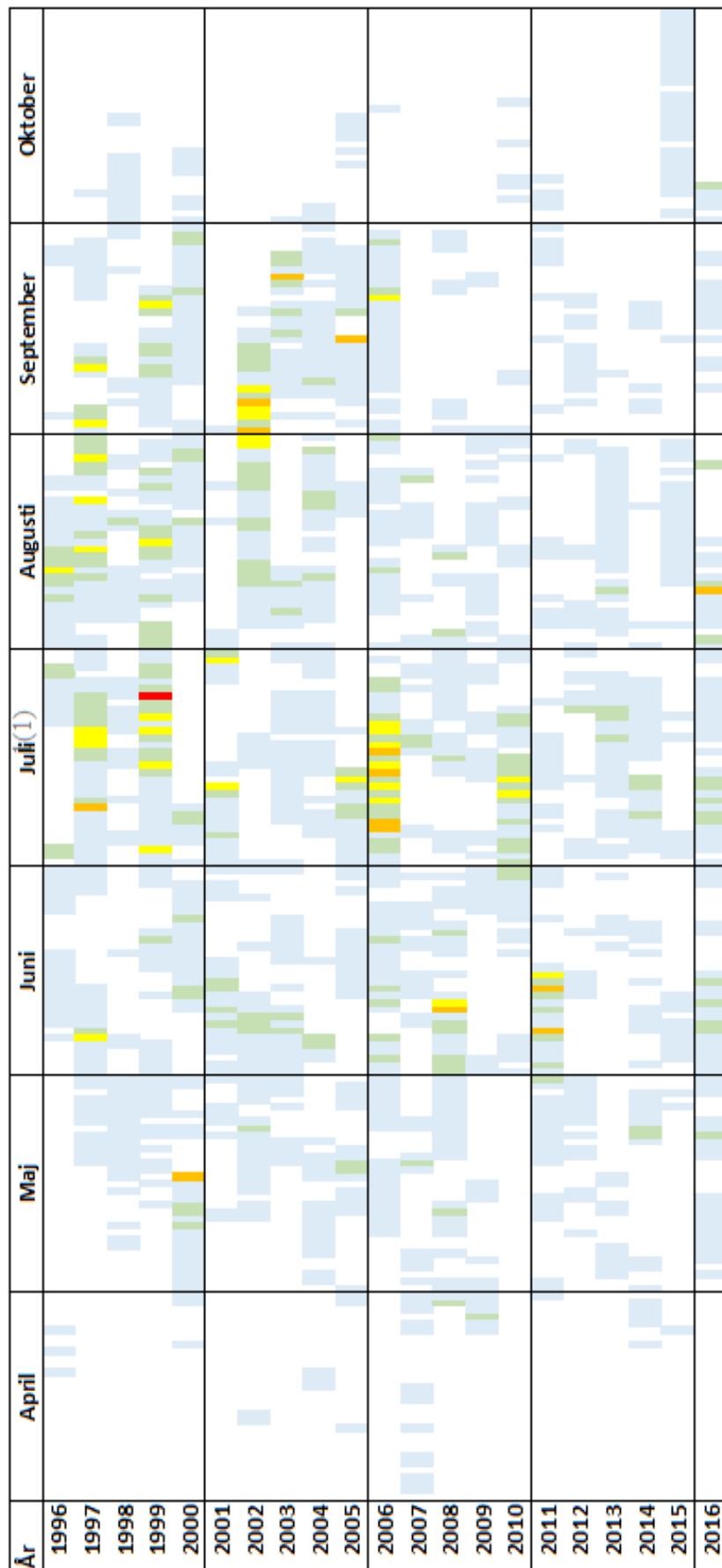
Datum	Temp. (°C)	RH (%)	vind (m/s)	Antal dagar sedan regn ¹	FFMC ²	DMC ³	DC ⁴	ISI ⁵	BUI ⁶	FWI ⁷	Typ av brand ⁸	Intensitets- klass ⁹	Spridn- ingshast (m/min)	spridnings- avstånd från start, 3 tim (m)	Bränd yta, 3 tim (ha)
12 Aug 1996	23,3	43	5	11	89	38	391	9	61	23	CC	5	5,4	930	26
10 sep 1997	13,9	68	16,7	2	82	10	483	16	19	29	S	2	5,6	960	12
19 Aug 1998	15,9	65	10	2	83	13	391	10	24	15	S	2	3,6	620	6,7
25 juli 1999	19,2	52	11,7	4	87	59	416	23	87	49	CC	5	26	4400	300
17 maj 2000	19,5	29	5,8	31	90	37	166	13	47	26	IC	4	7,2	1200	46
12 juli 2001	18,7	62	8,3	1	85	44	359	9	67	25	IC	4	4,7	800	13
1 sep 2002	18,7	54	8,6	1	85	58	467	10	88	31	CC	5	4,8	820	14
23 sep 2003	14,9	66	12	4	84	21	419	16	37	26	IC	4	16,2	2800	108
6 juni 2004	15	65	7,5	8	87	20	169	11	31	19	S	3	7,9	1400	37
14 sep 2005	16,6	75	13,3	7	84	21	324	18	36	31	CC	5	26	4400	250
17 juli 2006	21,3	57	7,8	21	87	80	445	11	111	36	CC	5	9,2	1600	50
19 maj 2007	15,7	68	9,4	5	85	11	146	12	19	16	S	2	2,6	450	3,5
10 juni 2008	20,9	78	10,3	25	84	48	276	12	67	30	CC	5	6,1	1050	19,5
27 apr 2009	15,2	59	6,9	18	87	16	62	10	19	14	S	1	1,5	260	1,7
11 jul 2010	29,6	42	3,6	30	90	55	360	8	80	25	IC	4	4,2	700	21
13 jun 2011	16,8	51	8,9	5	86	48	271	13	67	30	CC	5	6,5	1100	25
23 jul 2012	18,7	81	11,4	3	81	10	337	10	18	13	S	1	1,4	240	1
22 jul 2013	15,9	59	7,2	4	85	34	365	8	55	20	S	3	2,4	400	4
13 jul 2014	19,6	70	6,7	15	85	31	400	7	53	18	S	3	2,4	400	4
16 aug 2015	19,1	74	5,8	9	85	25	368	6	43	14	S	2	1,2	200	1,4
9 aug 2016	16,2	60	11,4	1	84	23	493	14	42	27	IC	4	10,3	1760	48

Tabell 2. Ovan presenteras möjligt skogsbrandsbeteende för de dagarna då brandrisken har varit som högst på Gotska Sandön mellan 1996-2016. De komponenter som använts för de dagliga beräkningarna av Fire Weather Index är väderobservationer från kl 12.00 från Gotska Sandöns väderstation. Frontens spridningshastighet och areal bränd yta baseras på tidsperioden 3 timmar sedan en punktändring i äldre tallskog på plan mark under sen eftermiddag. (Utvalda dagar är de med högst FWI-värdet för resp år, använd bränsletyp C-3, CBH 8 m).

¹Greater than 0.6 mm. ²Fine Fuel Moisture Code; ³Duff Moisture Code; ⁴Drought Code; ⁵Initial Spread Index; ⁶Buildup Index; ⁷Fire Weather Index, ⁸S – surface fire; IC – intermittent crown fire; and CC – continuous crown fire; ⁹1 – <10 kW/m; 2 – 10-500 kW/m; 3 – 500-2000 kW/m; 4 – 2000-4000 kW/m; 5 – 4000-10 000 kW/m; and 6 – >10 000 kW/m

Potential för bränder – antändning och intensitet

Alla dagar som är markerade med färg i figur 3 nedan är dagar då markbränslet kunnat antändas och bära en flamma framåt. Tabellen visar potential för brand på Gotska Sandön (beräknad utifrån väder uppmätt på Fyrbyn) illustrerad med att alla dagar det finns förutsättningar för en brand att sprida sig i händelse av antändning har getts en färg och där respektive färg anger vilken intensitetsklass en brand har under respektive dag. Klassificeringen beskrivs under tabellen.



Figur 3. Potential för brand på Gotska Sandön illustrerad med att alla dagar det finns förutsättningar för en brand att sprida sig i händelse av antändning har getts en färg och där respektive färg anger vilken intensitetsklass en brand har under respektive dag enligt följande klassificering (Alexander och De Groot, 1988):

Intensitets- klass	Frontens intensitet (kW/m)	Frontens Flamlängd Flamlängd (m)	Beskrivning av branden	FWI- index
1	<100	<0,2	Gnistor som landar på markytan dör ut och misslyckas att antända en ny brand. Flammor kan sakta röra sig på markytan om bränslet gör det möjligt.	0-3
2	100-500	0,2-1,4	Krypande eller långsamt förflyttande markbrand. Direkt attack på fronter och flanker, med handverktyg och vatten möjlig. Mineralfjordsträng bör hållas.	4-13
3	500-2000	1,4-2,6	Låg, eller något kraftigare markbrand. Handgrävd mineralfjordsträng ej längre säker. Pumpar, helikopter och övriga verktyg vanligtvis tillräckligt för kontroll.	14-23
4	2000-4000	2,6-3,5	Kraftig eller extrem markbrand. "Torching" vanligt. Kontroll försök mot fronten kan misslyckas.	24-28
5	>4000	>3,5	Delvis eller fullt utvecklade kronbrand. Mycket svårt att kontrollera. Släckning endast i flanker. Indirekt attack med moteld kan vara möjlig.	>29

Brandsäsongens längd

Resultaten visar att antändningsmöjligheter finns från april till oktober (hela den analyserade perioden), så brandsäsongen sträcker sig över en lång period. Möjligheten för hög intensitet har förekommit under maj – september, med de flest förekommande tillfällena i juli-augusti. Dagar med möjlighet för kraftiga markbränder där branden börjar klättra upp i kronorna och närmar sig fullt utvecklad kronbrand (klass 4,) inträffar oftast under sommarmånaderna (juni – aug), men har under de 21 studerade åren även inträffat 1 dag under maj månad och under 4 dagar under september.

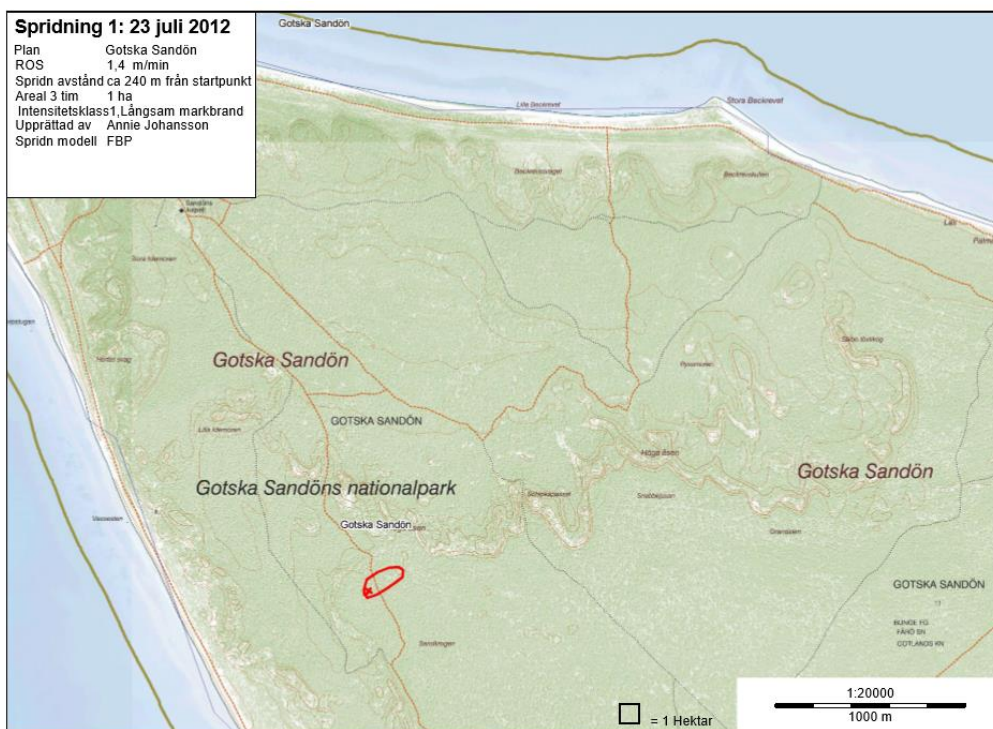
Det förekommer perioder som utmärker sig särskilt på grund av höga brandrisker i korta eller längre perioder. Utmärkande risknivåer från 1997, 1999, 2002 och 2006 beskrivs i bilaga 3.

Brandens intensitet

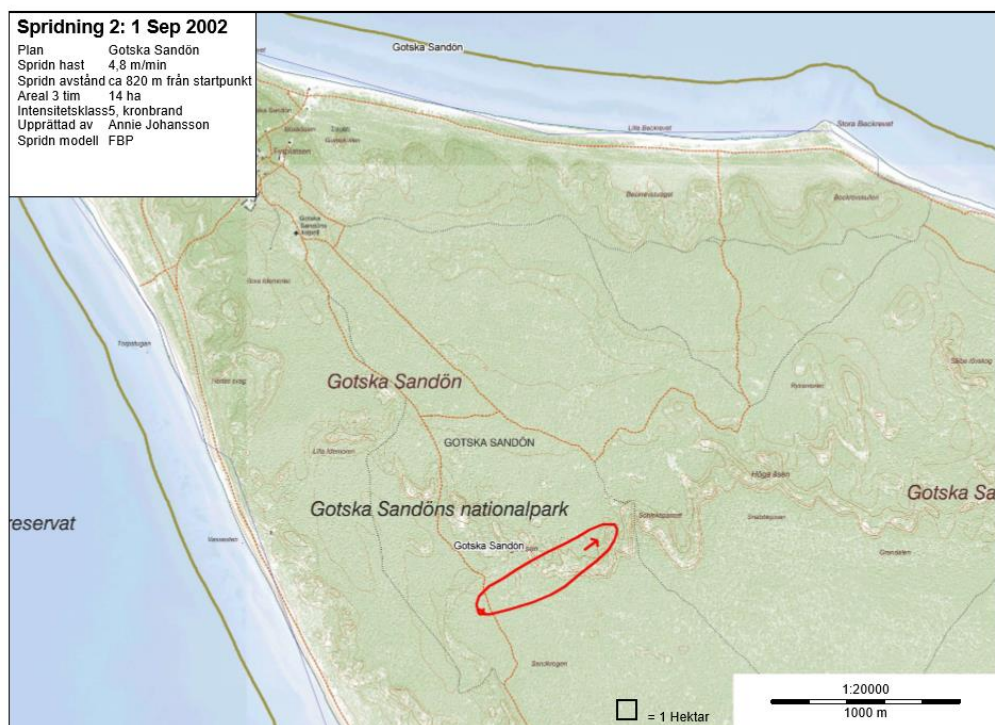
Analysen visar att det förekommer många dagar med potential för högintensiva bränder. Ur ett säkerhetsperspektiv är detta av stort intresse då alla bränder som är i intensitetsklass 3 eller högre kräver mycket utrustning och hög säkerhetsplanering vid släcknings- och räddningsarbetet. Det framgår att dagar då en skogsbrand med intensitetsklass 3 eller högre förekommer i mer än hälften av åren. I 9 av de 21 åren förekommer dagar då en skogsbrand kan få en front där flamlängden passerar 3 meter och är av intensitetsklass 4. Branden är då så intensiv att försök att släcka fronten, även med helikopter, riskerar att misslyckas, utan fokus måste av säkerhetsskäl fokuseras på flanker. I juli 1999 förekommer en dag där högsta intensitetsklass skulle vara möjlig. Då förväntas en kronbrand, i detta fall med en spridningshastighet på ca 26 m/min. För mindre intensiva bränder, upp till intensitetsklass 2, vilka har en flamlängd på upp till 1,5 m är däremot möjlig att bekämpa med handverktyg.

Exempel på scenarier vid olika förhållanden

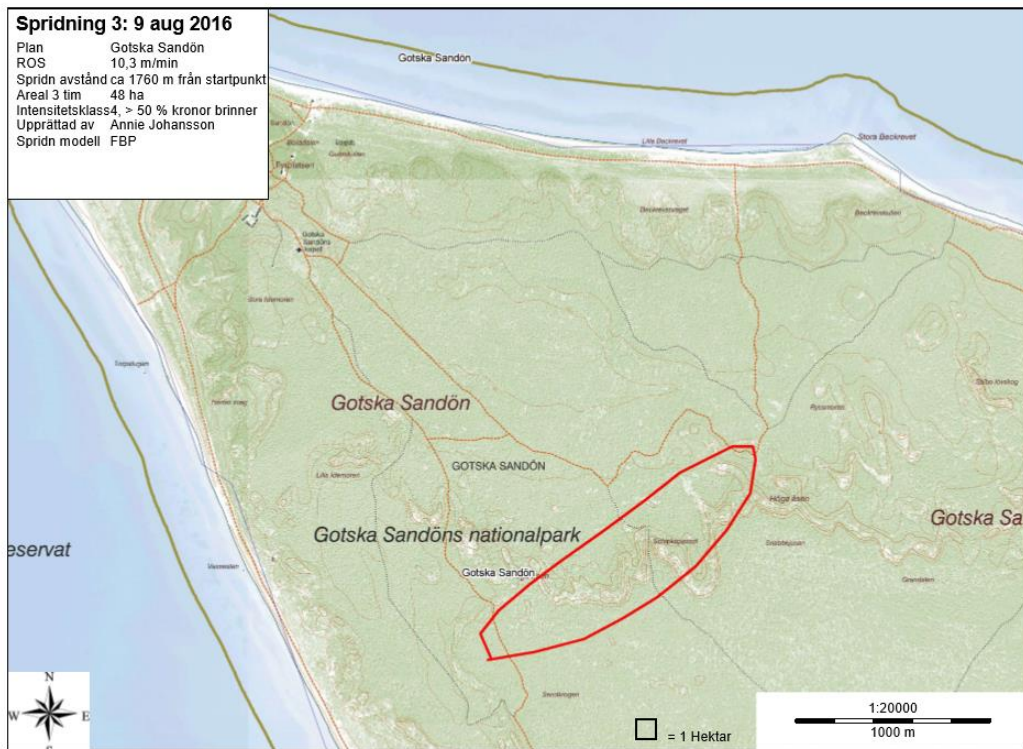
För att tydliggöra konsekvenserna av vad en skogsbrand på Gotska Sandön presenteras nedan fem olika exempel på möjliga spridningsförlopp. Samtliga exempel är tagna från de dagar med högst brandrisk. Det året med lägst värde, det med de mest extrema riskerna samt tre år däremellan är utvalda. Alla spridningsberäkningar grundar sig på de uppmätta värdena i Fyrbyn, dock förutsätts branden i samtliga fall ha samma vindriktning (SV) och startpunkt (strax söder om Hamnuddsvägen) för tydligare jämförelse. Bilden visar brandens förväntade ytterkanter tre timmar efter start.



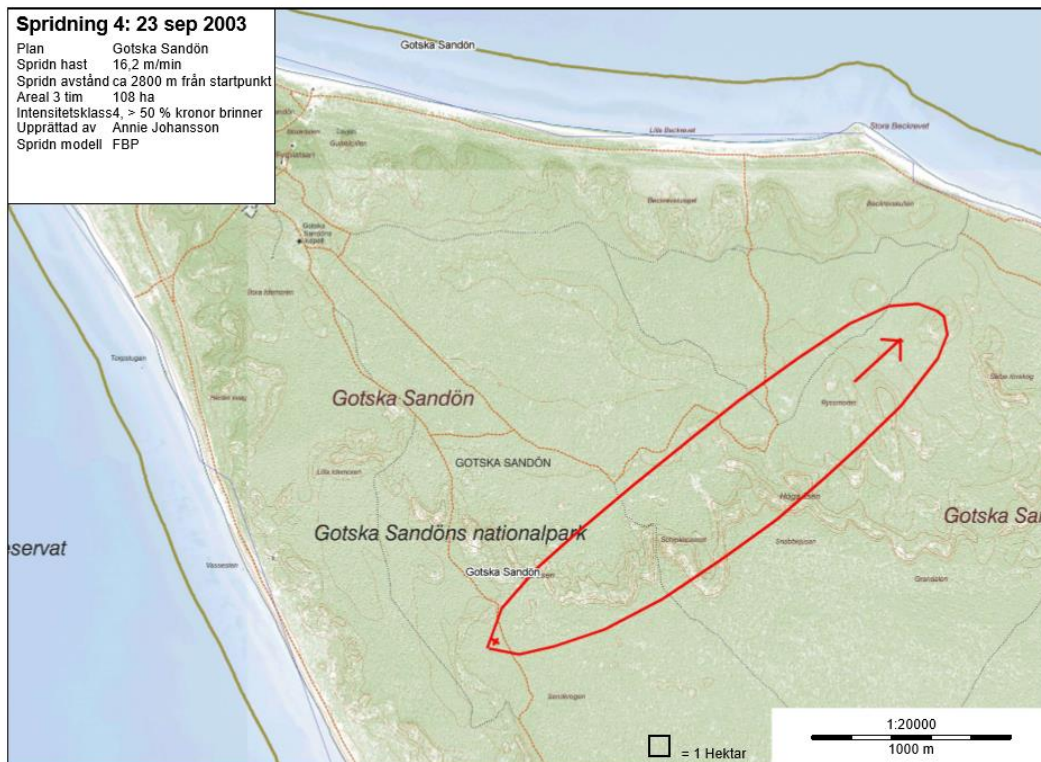
Spridningsscenarie 1: Karta över brandens utbredning om den startat under eftermiddagen den 23 juli 2012. En långsam markbrand som efter tre timmar beräknas ha ytan ca 1 ha. Intensitetsklass 1. Branden kan släckas med handverktyg. De allra flesta träden förväntas överleva.



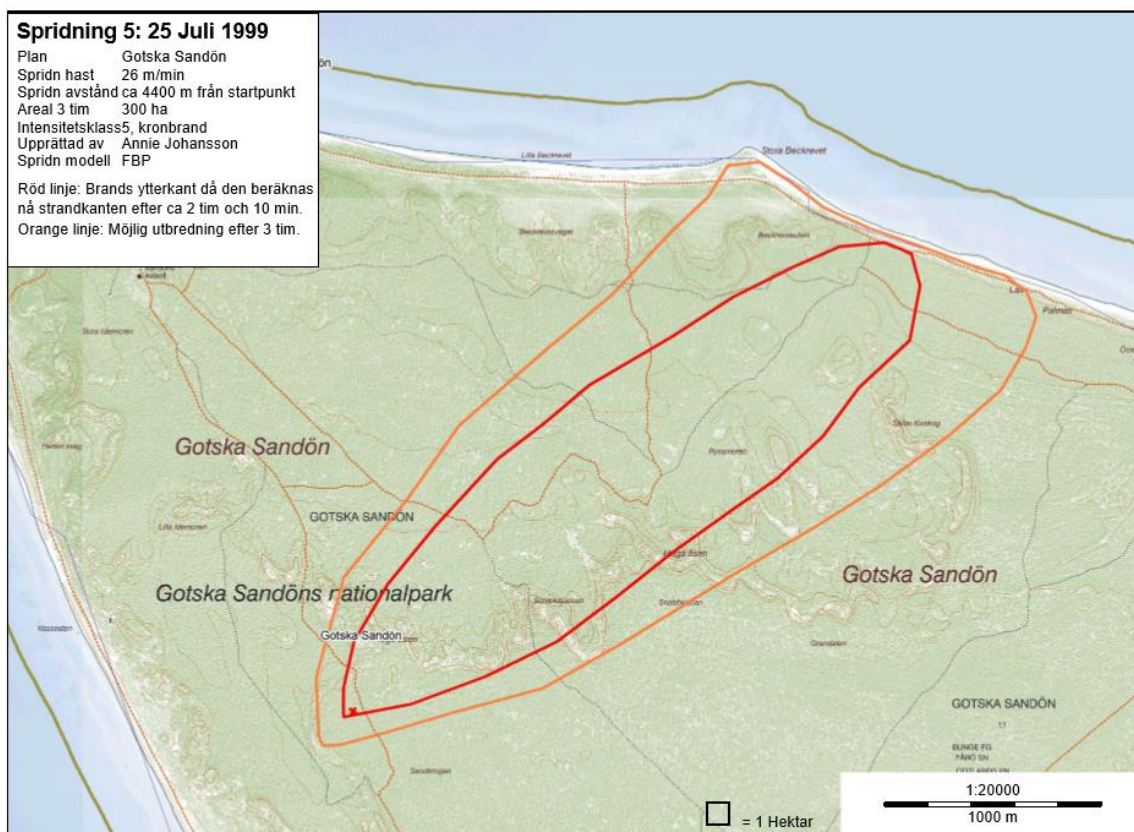
Spridningsscenarie 2: Brandens utbredning om den startat under eftermiddagen den 1 sep 2002. En kronbrand, (intensitetsklass 5) som täcker en yta på cirka 14 ha inom tre timmar. Branden kan inte släckas med direkt attack på grund av höga risker för de befinner sig i brandens spridningsriktning. Träd mortaliteten förväntas bli i det närmaste total där fronten rört sig, och låg i flankerna.



Spridningsscenarie 3: En skogsbrand som startat under eftermiddagen den 9 aug 2016 skulle inom tre timmar täcka en yta på cirka 48 ha och ha intensitetsklass 4, vilket innebär att mer än 50 % kronorna brinner. Branden går inte släcka med direkt attack. Mer än hälften av träden inom området förväntas dö direkt av branden.



Spridningsscenarie 4: Bilden visar utbredningen tre timmar av en brand som startat under eftermiddagen den 23 sep 2003. Fronten rör sig med en hastighet på 16 m/min, med en intensitetsklass 4, och den avbrända ytan är ca 108 ha. Branden kan inte släckas med direkt attack. Den momentana trädmortaliteten förväntas vara över 50 %.



Spridningsscenarie 5: Det värsta brandscenariot för de senaste 21 åren skulle inträffat om en brand uppstått under eftermiddagen den 25 juli 1999. Branden hade varit en kronbrand (intensitetsklass 5) och hade nått den norra stranden redan efter 2 timmar och 10 min, och sedan hade flankerna fortsatt att växa åt sidorna. Efter tre timmar uppskattas en areal på ca 300 ha. Ingen släckning från marken, utan fokus blir att evakueras människorna på ön. Majoriteten av träden förväntas dö inom området, förutom i de sydvästra delarna där branden backar mot vind.

Konsekvenser på liv, egendom och miljö

Liv

En skogsbrand innebär fara för människor. Framför allt är det förändringar i beteendet som utsätter oss för ökad fara. En brand kan snabbt öka i intensitet, gnistor kan tända nya bränder, en lutning kan göra att branden ökar på ett oväntat sätt och branden kan därmed snabbt hota människors liv. Vid intensitetsklass 3 kommer människor påverkas kraftigt av rök, utsättas för risken att bli instängda och en vindkantring och vindökning innebär direkt en mycket större fara. Alla scenarier ovan, förutom det första, innebär stora risker för människors liv. Föreställ dig att en brand startade i juli 1999 och fronten spridit sig ca 26 m/min och en barnfamilj vandrar längs stigen i norr... Faran ligger i de direkta flammorna, men även i påverkan av rökutvecklingen som innebär att man kan förlora möjligheten att ta sig bort från faran och till en säker plats. Vid intensitetsklass 4 och högre kan branden inte bekämpas från marken på grund av fara för brandmännens liv. Viktigt att notera att inget av scenarierna visar någon vindkantring, en brand som pågår en hel dag eller något värsta scenario. OBS! Scenarierna visar *endast de tre första timmarna i brandens förlopp*.

Marty Alexander, Alberta Kanada, som ägnat större delen av sitt liv åt forskning om brandens beteende och personlig säkerhet utgår ifrån orden: "Never be surprised". För att vi inte ska bli överraskade behöver vi veta det förväntade brandbeteendet och vilka åtgärder vi ska vidta om det inträffar – *varje dag*. Flyktvägar, evakueringsplaner och samlingsplatser ingår i detta. Tidig upptäckt är ett nyckelord. Kommunikation med besökarna för att öka deras medvetenhet om risker och kunskap om vad de ska göra i händelse av brand är av stor betydelse för detta.

Egendom

På Gotska Sandön finns idag cirka 70 byggnader. Dessa utgör både ett ekonomiskt värde, flera av dessa har också ett mycket högt kulturhistoriskt värde. Flera av de senare byggnaderna omfattas av ett statligt byggnadsminne. Flertalet av dessa byggnader står idag inför stort hot att ödeläggas om brand uppstår vid höga brandrisker. Idag finns stora mängder finbränsle på marken (mossa, ljung) och även trädsikt hela vägen intill byggnaderna och därmed leds branden med hög intensitet hela vägen fram till byggnaderna. Det finns åtgärdsprogram som är framtagna för att skydda byggnader mot skogsbränder. Ett av dessa program är "Firesmart – Protecting Your Community from Wildfire" (2003) vilket utförligt beskriver hur riskerna minskas genom bränslehantering, byggnadskonstruktion, minimera gnistantändning, brandhinder i landskapet, goda exempel, checklistor och mycket annat. Samtliga byggnader bör studeras utifrån detta perspektiv.

"Madames stuga" (Johanna Albertina) på Gamla gården är ett exempel där riskerna idag är mycket stora, men där konsekvenser kan minskas kraftigt genom bränslereducerande åtgärder. Fyren står enormt utsatt längst upp på kullen, omgiven av bergtall, vanlig tall och andra kraftiga bränsletyper som leder en brand med ökad intensitet rakt upp mot byggnaden. Andra exempel är Tomtebo, Tärnudden, och inte minst flera av stugorna i stugbyn. Även Borgströms behöver en översyn enligt "Firesmart-modellen". Fyrbyn är idag i stort sett omgiven av gräs och byn omges av markbränsle som inte ger upphov till intensitet. Områden centralt på ön, särskilt i lägen omgivet av sluttningar med riklig underväxt finns stora risker för stora konsekvenser på byggnader och annan egendom.

Miljö

Konsekvenser av brand på miljön på Gotskasandön är i grunden positiva då branden har varit en ekologisk faktor som präglat ekosystemen och som behöver göra det även i framtiden för att syftet med att bevara Gotska Sandön i dess naturliga tillstånd ska kunna uppfyllas. Frånvaron av bränder har skapat flera problem. Ett sådant problem är den successiva förtätning av tallskogen som sker i frånvaro av branden gör att skogen ej längre är lämplig för många hotade arter knutna till ljusöppen äldre tallskog. Skogen blir för mörk och kall. Ett annat bekymmer med att branden i stort varit frånvarande under en längre period är att större mängder bränsle hunnit byggas upp vilket kan orsaka högintensiva bränder vid vissa förhållanden. Dessa högintensiva bränder orsaka negativa konsekvenser på miljö då det är stor risk att ekologiskt värdefulla träd dör i stor omfattning i sådana bränder. Totala kronbränder med stor areell omfattning kan också ha en långsiktig effekt på tillgången på viktiga substrat. För att bedöma sannolikheten för dessa konsekvenser behöver vi förstå effekterna på skogen och trädsiktet i bränder av olika intensitetsklasser. Bränder vid intensitetsklass 1 och 2 kommer troligen klara

värmen från flammorna och överleva, så länge inte en glödbrand bränner av rötterna. Intensitetsklass 3 kommer att få effekter på trädöverlevnad. Troligt resultat är att upp till 50 % av tallarna dör. Vanligt förekommande är att grupper av träd dör och luckor bildas. Då intensitetsklass 4 uppnås brinner vissa av träden upp och en stor andel utöver det dör av hettan. Trolig konsekvens är att 50-80 % av träden dör. Vid högsta intensitetsklass, 5, är branden delvis eller helt kronbrand och träd mortaliteten blir i det närmaste total. Utifrån detta är bedömningen att bränder i intensitetsklass 5, och även klass 4, potentiellt kan orsaka påtagliga negativa konsekvenser för miljön (främst insekter som lever på äldre träd eller på döda träd som varit gamla) om de får en stor omfattning. Bränder i övriga intensitetsklasser bedöms i huvudsak bidra med positiva effekter på miljön då det kommer att skapas måttliga till medelstora mängder solexponerad död tallved

Förslag till hantering av risker och konsekvenser

Reducering av bränsle

Vi kan inte förändra riskerna (förutom mänskligt beteende) men vi kan minska de konsekvenserna som en okontrollerad brand kan ge upphov till. Det som avgör brandens beteende är vädret, topografin och bränslet, varav bränslet är den faktor vi kan påverka. Om bränsletypen förändras kommer även brandbeteendet att förändras. Det som har störst påverkan på intensiteten är finbränslet, som i det här fallet främst består av hög ljung inne i skogen och lavarna tillsammans med de buskiga tallarna i randdynen. De bränsletyper som finns idag kan förändras genom planerad bränning eller mekaniska åtgärder.

Bränning

Mängden tillgängligt bränsle, vilket för ön främst innebär den höga ljungen och det tjocka humuslagret, har stor påverkan på intensiteten. Planerade bränningar med målbilden att reducera finbränslet; ljungen, laven, mosslagret, samt att stor del av humuslagret konsumeras bör innebära en stor minskning av intensiteten vid en okontrollerad brand. Det innebär att en planerad förändring av bränsletypen till en mindre brännbar form kommer minska konsekvenserna av en skogsbrand.

Återväxten på en bränd yta beror på hur djupt glödbranden gått vid brandtillfället (vilket avgörs av fukthalten lägre ner i humusen; DMC och DC). Om en bränning sker efter en kort tids torka i ljungvegetation är det troligt att ljungen vuxit upp flera decimeter igen inom några få år, vilket innebär att en del av den brandhindrande effekten försvinner snabbare. En djupare brand där ljungrötterna dör, måste koloniserar med frö, vilket gör att området fungerar som brandhinder under längre tid. Ju djupare branden blir desto längre bör den fungera som brandhinder.

För att en skogsbrand ska kunna bli en intensiv brand behöver den tid och utrymme för att bygga upp intensitet och utvecklas till den maximala hastighet som den kan under de förutsättningar som råder vid just det tillfället. Enligt FBP-systemet kallas detta ”equilibrium Rate of Spread” och uttrycks som ROS (Taylor, Pike, Alexander 1997). I skogsmark som den på Gotska Sandön tar det ungefär 30 minuter för skogsbranden från antändning tills den kommit upp i den högsta spridningshastigheten, som den kan ha i just de förutsättningar som råder på platsen, vid tidpunkten för branden. För att sedan sprida

sig vidare med samma intensitet och spridningshastighet krävs att det är kontinuitet i bränslet. Genom att med planerade bränningar, över större områden och därmed förändra bränsletypen till en svårantändlig vegetation, är det möjligt att i stor skala skapa brandhinder, utan göra stora maskinella åtgärder i naturen. Detta är dessutom förenligt med nyttan av naturvårdsbränning.

Figur 4 visar ett förslag på hur planerade bränningar kan läggas upp för att de långsiktigt ska utgöra ett brandhinder och därmed kraftigt begränsa konsekvenserna av en skogsbrand. (Notera att det är ett översiktligt förslag som behöver detaljplaneras i fält). Befintliga vägar och stigar används som begränsningslinjer. Några av dessa som har hög ljung i mittremsa behöver röjas, i övrigt behövs inga åtgärder, förutom noga bevakning, för att använda dessa. Nya begränsningslinjer behöver skapas för att helt omringa områdena. Detaljer för hur dessa kan byggas och precis var i landskapet de bör placeras bör presenteras i en mer utförlig bränningsplan. Denna plan bör även innehålla krav på utrustning, bemanning, uttorkningskrav, lämpliga väderförhållanden, åtgärder vid smitning, kommunikationsplan och övrigt som tillhör en bränningsplan.



Figur 4: Karta över föreslagna bränningsområden på Gotska Sandön. De rosa linjerna är ytterkanter på områden som, genom att brännas, kan minska konsekvenserna av en skogsbrand på både människa, egendom och miljö, inklusive en speciell skyddsbarriär mot Fyrbyn i nordväst. De turkosa linjerna visar de igenväxta randdynerna som idag innebär stor risk för gnistantändning intill strandkanten.

Via projektet "Eldsjäl" som flera länsstyrelser varit med i (presenteras via Ist Kalmars websida) finns flertalet mallar som är lämpliga att utgå ifrån i arbetet med att göra brandplan för Gotska Sandön. I förslaget nedan är bränningsområdena mellan 5-20 ha, vilket är vanligt förekommande vid naturvårdsbränningar. Fördelningen kan förändras efter lärdomar från platsen. En god sommar bör 2-5 objekt brännas och samtliga områden skulle vara möjliga att vara brända inom en 10-års period.

Det område som utmärker sig är "skyddsremsan" utmed Fyrbyn. Den har ingen naturlig dragning i form av väg eller stig. Beskrivning av denna finns med i Abrahamssons och Niklassons brandplan (Niklasson och Abrahamsson, 2015). Syftet är att skapa ett brandhinder för att skydda byn. Vid intensiv brand kan denna bli startlinje mot vilken en skyddsavbränning startar. Att skapa denna skyddslinje är av hög prioritet.

Mekanisk bränslereducering

Alternativet till bränning är att mekaniskt skapa brandhinder. Eftersom det viktigaste är att få bort det bärande markbränslet innebär det att maskiner ska gräva eller skrapa bort lavar och mossor. Det är ett omfattande arbete, men kan vara det mest lämpliga på områden till exempel nära byggnader. Storskalig bränslereducering är inte möjlig.

Reducering av risker runt byggnader

I närheten av byggnader som man vill skydda mot brand bör särskilda åtgärder tillämpas för att reducera riskerna. Det finns åtgärdsprogram som är framtagna för att skydda byggnader mot skogsbränder. "Firesmart – Protecting Your Community from Wildfire" (2003) beskriver utförligt hur riskerna minskas genom bränslehantering, byggnadskonstruktion, minimera gnistantändning, brandhinder i landskapet, goda exempel, checklistor och mycket annat. Madam Söderlunds hus är ett exempel en byggnad som idag har bränsle intill byggnaden samt lättantändligt tak, och där både vegetation och byggnad bör studeras utifrån detta "Firesmart-perspektiv".



Bild ovan: Madame Söderlunds hus på Gamla gården som idag, på grund av bland annat bränslemängden intill byggnaden, är utsatt för stor risk vid skogsbrand.

Bild nedan: Ett urklipp från brandskyddsprogrammet "Firesmart" som beskriver åtgärder för att skydda byggnader från att antändas vid skogsbrand.

BE PREPARED!

WILDFIRE is a risk in our community. Share in the solution and take responsibility to make your home part of a fire smart community. Join us and see if you can find the 10 steps this family took to protect their home from WILDFIRE.

BEFORE

AFTER

ANSWERS

1. Replaced wooden shake roof with a metal roof.
2. Managed vegetation within 30 metres of the house.
3. Pruned trees 2 metres from the ground.
4. Cleared fallen leaves from the roof and within 10 metres of the house.
5. Relocated firewood 30 metres from the house.
6. Installed a spark arrestor on the chimney.
7. Widened the driveway to accommodate fire vehicles (5 metres).
8. Located a water supply.
9. Installed visible signage.
10. Requested fire personnel to do a hazard assessment.

Nollalternativ

Om inga åtgärder utförs och vegetationen får fortsätta att utvecklas kommer vissa förändringar långsamt ske som påverkar brandbeteende.

- Om sanddynerna inne i skogsmarken fortsätter att växa igen bidrar de till ökat gnistfång, lättare spridning av brand samt att de helt upphöra att fungera som brandhinder.
- Mossorna som sakta breder sig ut och tar över lavbevuxna områden innebär att områden får en större bränslemängd och vid kraftig torka leder till en brand med högre intensitet.
- Humustäcket i skogsmarken blir ännu tjockare (de är idag redan anmärkningsvärt tjocka).
- Storm och andra orsaker som skapar luckor bidrar till en ny föryngring. Den nya generationen blir ett ”klätterbränsle” och branden har därmed större möjlighet att ta sig från en markbrand upp till en kronbrand med ökad intensitet, högre trädmortalitet, längre gnistkast som följd.

Även om processerna ovan är långsamma så är ändå slutsatsen att, ur brandsynpunkt, blir utgångsläget ständigt sämre; lättare antändning, färre hinder och ökad intensitet – där alla faktorer bidrar till värre konsekvenser för människor, egendom och miljö.

Förebyggande arbete

Öns placering och den tid det tar för att räddningstjänsten att komma till platsen innebär att det förberedande arbetet är av stor betydelse. I avsnitten nedan lyfts viktiga punkter fram inom bland annat beredskap, dagliga rutiner, utbildning, den initiala insatsen, som kommer att påverka vilka konsekvenser en brand får. Det finns mycket litteratur i ämnet med goda exempel, främst med fokus på hur människor skyddas och bränder i närheten av bebyggelse så kallade ”Wildland-urban interface fire. Författaren rekommenderar ”Wildland Fires, Dangers and survival” (Alexander, M. m.fl. 2017)

Beredskap

All planering och alla åtgärder syftar till att inga personer kommer till skada på grund av en skogsbrand. För att undvika skador krävs god kunskap och god beredskap både hos räddningstjänsten, länsstyrelsens personal och de turister som vistas på ön.

Räddningstjänsten och länsstyrelsen bör gemensamt ta fram en plan på hur de båda parterna kommer agera före, under och efter insats. RTJ har kunskaperna om brandbekämpning, personalen på Gotska Sandön känner ön väl. Nedan listas några frågeställningar som bör diskuteras och så långt som möjligt ta fram konkreta rutiner för.

- Beredskapsplan och hur denna tar hänsyn till variationen i brandrisker.
- Daglig (?) kommunikation om rådande brandrisk.
- Kunskapen som finns, samt utbildningsbehovet hos personalen gällande brandkunskap, utrustning, släckningstaktik, eftersläckning mm.

- Tidsplaner vid skogsbrand: larmning, evakuering, ankomst för RTJ mm.
- Externa resurser som finns att tillgå, på kort och lång sikt.
- Beredskapsplan för helikopter. Både för observation och släckning.
- Hur informeras och skyddas turisterna på ön.
- Vilka förväntningar har de på varandra, både lagkrav och rekommendationer, både före, under och efter insats.
- Gemensam plan för de byggnader som ska skyddas, samt en prioriteringsordning för dessa.
- Hur bör hela beredskapsplanen kommuniceras med gästerna före och under insats.
- Är den utrustning som finns på ön tillräcklig och lämplig? Komplettering?
- Säkra vattentillgången. (Anordning för pump)
- Gemensam övning och orientering på ön i syfte att förbättra chansen till en framgångsrik insats.

Vid hög brandrisk – varje dag

Fördelen med brandriskprognoserna är att alla värden om vilka risker som råder finns ”i förväg”, vi har alltså tillgång till dem *innan* något inträffar. Det finns därmed goda möjligheter att ha en beredskap väl anpassad efter dagens risker. Då brandrisken är hög rekommenderas att räddningstjänsten ska, varje morgon, förmedla ett tydligt säkerhetsbudskap grundat på dagens brandriskprognos till personalen på ön. Faktorer som ska beskrivas är bland annat:

- Förväntad brandintensitet.
- Spridningsriktning och uppskattad hastighet.
- Risk för förändringar, såsom ökning, minskning, vindkantringar och liknande.
- Risk för gnistkast.
- Förväntat bränningsdjup, med medföljande risker såsom fallande träd, återantändning mm.

Tidig upptäckt av brand är en helt avgörande faktor för ön. Rutiner bör finnas för att upptäcka brand, främst då brandrisken är hög. Exempel på detta kan vara att gå upp i fyren eller använda en drönare mellan vissa tidsintervall.

Kompetens hos personalen på ön

Alla beslut bör fokusera på säkerheten för alla personer som befinner sig ute på ön. För att kunna ta bra beslut bör personalen på ön ha god kompetens för ändamålet. En fördjupad kunskap bör finnas inom:

- Personlig säkerhet och hur den bevaras vid skogsbrand.
- Skogsbrandens beteende och faktorerna som påverkar.
- Förutsättningar för spridning i vegetationen.
- Olika bränsletyper på ön och hur de påverkar brandbeteendet.
- Tolka brandriskprognoser.
- Vädrets påverkan på beteende på kort och lång sikt.

- Släckningsmetoder för initial släckning.
- Kunskap om hur och när skyddsavbränning kan användas.
- Effektiv och säker eftersläckning och bevakning.

Personalen ska ha god kännedom om vilken utrustning som finns på ön och hur de snabbt transporterar den och använder den på rätt plats. Alla som arbetar på ön bör vara väl insatta i öns brandskyddsplan.

Vid brand - Initialt

Den tid som räddningstjänsten beräknar ha som insatstid (anspanningstid + transporttid + angreppstid) är i denna studie beräknad till tre timmar. Vid tillgång på helikopter kan tiden minskas betydligt, likaväl som tiden kan förlängas på grund av t.ex. lång tid för båttransport i mycket dåligt väder.

Eftersom insatserna den allra närmsta tiden efter en antändning avgör brandens fortsatta spridning kommer personalen ute på ön ha en nyckelroll för hur en skogsbrand kan utvecklas. Eftersom räddningstjänsten bedömer att det är möjligt att de inte har släckningspersonal på plats förrän efter cirka tre timmar efter ett larm, kommer den personalen som finns på ön själva få göra de första bedömningarna i fält. Vilka åtgärder som ska göras och hur dessa ska utföras, för att bevara säkerheten, bör alltid beslutas i samråd med räddningstjänst. Vissa av dessa åtgärder kan övergripande förmedlas vid den dagliga kontakten mellan räddningstjänst och tillsynsmän.

Alexander (2000) betonar vikten av det initiala släckningsarbetet genom att noggrant beskriva effektiviteten hos personal med handverktyg, utrustade med olika typer av släckningsutrustning, släckningsarbete från luften och brandbeteende i förhållande till tiden från antändning.

Det är av stor vikt att räddningstjänsten kan få ut någon som rekognoserar och observerar så snart det är möjligt för att ge beslutsunderlag för insatsen. Vid höga brandrisker är därför helikoptertillgången av avgörande betydelse. Notera att det inte måste vara en helikopter med släckningsmöjlighet, utan att en person snabbt kan komma ut och observera.

Släckningsplan och prioriteringar

På grund av främst avståndet till fastlandet är sannolikheten stor att en begränsad mängd personal kommer ingå i släckningsarbetet och att det tar lång tid innan personalmängden fylls på och prioriteringar kommer därför att ske. Att under en brand ta beslut att låta utvalda områden brinna kräver mycket god kännedom om brandens förväntade beteende, väl detaljerade väderprognoser och god kännedom om områdets övriga förutsättningar. Det finns områden som av naturvårdsskäl, med fördel kan få brinna, men endast under vissa förutsättningar, (ex låg intensitet). Med begränsade släckningsresurser kan räddningsledningen bli tvungen att prioritera mellan områden, vilket innebär att det kan förekomma områden som det inte finns resurser till att bekämpa. Den taktiska planens, som sätts av räddningsledningen, bör ta hänsyn till öns brandskyddsplan där utvalda

områden planeras att brännas samt att under vilka förutsättningar som mångfalden gynnas av att området brinner. Avvägningen sker alltid med hänsyn till säkerhet.

Stöd av helikopter

Släckning med helikopter kan spela en avgörande roll. Vid höga brandrisker kan en snabb dämpning av spridande lågor vara helt avgörande för brandens fortsatta utveckling. Vid tillfällen då brandintensiteten är hög kan inte markpersonal befinna sig intill och bekämpa elden på grund av för höga risker, vilket är tillfället då släckningsarbetet görs från luften. Så snart lågorna dämpats och spridningen inte längre utgör någon risk bör inte helikopter arbeta på platsen, utan markpersonalen får utföra släckningen nere i marken utan risk för att påverkas av helikopter. Räddningstjänsten bör ha en beredskapsplan för detta som innehåller bland annat: Under vilka förutsättningar/brandrisknivåer som helikopter kallas in *direkt vid larm*. Kommunikationsförutsättningarna mellan personalen på ön, piloter och räddningsledning ska vara väl etablerade. Säkerhetsreglerna som gäller för hur flygande resurser och markpersonal arbetar tillsammans ska vara väl förankrade.

Det bör noteras att behovet av helikopter behövs för fler ändamål än släckning; bland annat för att få ut släckningspersonal och utrustning till ön, observation av brandbeteende och evakuering av personer från ön. Flaskhalsen för arbete med helikopter är tillgång till flygbränsle. En helikopter kan jobba med brandbekämpning i cirka 1,5 tim innan den måste tanka (flygtiden kan fördubblas, förutsatt att brandutrustningen tillåter stegvis öppning). Om flygbränsle ställs ut på ön under brandsäsongen (tex IBC-kärl med 1 kubikmeter, som räcker till cirka 5 timmars flygning) kommer det innebära en mycket större möjlighet för flygning. Beredskapsplanens kapitel om flygresurser bör visa vilka förutsättningar som gäller för hjälp av sjöfartsverket, militären, sjuktransport och privata helikoptrar.

Räddningsinsats och efterbevakning

Räddningsledaren gör bedömningen då räddningsinsatsen avslutas och därmed fortsätter arbetet i form av eftersläckning. Arbetets omfattning beror på hur långvarig torka det varit före branden, hur stor areal som brunnit och vilka väderförhållanden som råder under eftersläckningen. När alla ytterkanter säkrats från spridning kan arbetet övergå till bevakning. Tiden för eftersläckning och bevakning kan variera mellan några få dagar (vid kraftiga regnmängder) till många veckors arbete (fortsatt torka och kraftiga vindar). Om arbetet vid eftersläckningen misslyckas och branden tar sig igen kan det få förödande effekter, vilket innebär att de råd som räddningstjänsten lämnar till den som är ansvarig för eftersläckning skall följas och inga avsteg till lägre nivå utan att samråda med berörd räddningstjänst.

Det bör tas fram en plan på hur eftersläckning och bevakning sker, då insatsen är avslutad. I den ska hänsyn tas till personalförsörjning och transporter av utrustning ute, samt till och från ön. Arbetet kan utföras av egen eller extern personal.

Släckningsutrustning och personal

Det bör finnas en årligt uppdaterad lista över brandutrustningen på ön, samt årlig kontroll att den fungerar. Vilken sorts och vilken mängd utrustning som bör finnas bör beslutas i samråd mellan länsstyrelsen och räddningstjänsten. Det rekommenderas att de olika spridningsscenarierna används som beslutsunderlag.

Några viktiga frågor har uppkommit under arbetet som behöver lösas. En av de viktigaste är tillgången till vatten. Vilken tillförlig metod kan vi använda för att få tillgång till vatten till pumparna? Stora vågor, sand och avsaknad av brygga innebär att lösningar behöver finnas för att säkra vattentillgången. Går det anordna en branddamm under jord? En annan fråga är terrängtransport. Det behöver finnas fordon som kan transportera personal, personer i fara eller utrustning, inte bara längs befintliga vägar, utan även in i skogen. Att snabbt ta sig ut brandplatsen i skogen är av avgörande betydelse och transportmedel som t.ex. 6-hjuling eller bandvagn med släp, bör finnas till detta ändamål. Brandpersonalen behöver inte bara komma från Gotland, utan kan även tas från andra platser, tex Stockholm. En sådan personalförstärkning kommer ske effektivare om den är väl förberedd.

Besökare

Det bör finnas en plan för vilken information besökarna ska de få, angående skogsbrand när de anländer. En del information kanske kan lämnas i samband med bokning. Andra sätt att lämna information kan vara informationstavla med tydlig information om vad som gäller vid skogsbrand, evakueringsplan, uppsamlingsplatser mm. Hur får gästerna reda på om det brinner idag? Bör det finnas nytt system för hur de informeras? I diskussioner med inblandade i detta arbete har nämnts förslag/frågeställningar som bör diskuteras vidare: Signalsystem på ön vid fara, SMS-utskick eller andra tekniska möjligheter.

I referenser finns en länk till ett exempel från Australien hur allmänheten informeras om brandrisker, eldningsförbud, vad som kan hända och vad de bör göra vid brand (Fire Danger Ratings, 2009).

Förutsättning för säker bedömning

Alla beslut grundar sig på brandens förväntade beteende. Därför bör Gotska Sandön snarast finnas med på SMHI's brandriskprognoser.

Andra aktörer

Det finns flera andra aktörer som troligen kommer att involveras i arbetet, som till exempel sjöräddningen, flygande resurser (privata och militära), frivilliga organisationer och privata företag. Beredskapsplanen bör beskriva hantering av dessa personer.

Källor och Litteratur

Alexander, M.E.; Mutch, R.W.; Davis, K.M.; Bucks, C.M. 2017. Wildland fires: Dangers and survival. Pages 276-318 In: P.S. Auerbach, editor. Auerbach's Wilderness Medicine, Volume 1. 7th edition. Elsevier, Philadelphia, PA.

Alexander, M. E.; Stocks, B.J.; Lawson, B.D. 1991. Fire behavior in black spruce-lichen woodland: the Porter Lake project. For. Can., Northwest Reg., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. Inf. Rep. NOR-X-310.

Alexander, M.E; De Groot, W.J. 1988. Fire behavior in jack pine stands as related to the canadian forest fire weather index (FWI) system. Can. For. Serv., North For cent., Edmonton, Alberta. Poster (with text).

Alexander, M.E. 2000. Fire behaviour as a factor in forest and rural fire suppression. Forest Research, Rotorua, in association with the National Rural Fire Authority, Wellington. Forest Research Bulletin No. 197, Forest and Rural Fire Scientific and Technical Series, Report No. 5. 30 p.

Forestry Canada Fire Danger Group. 1992. Development and structure of the Canadian Forest Fire Behavior Prediction System. For. Can., Sci. and Sustainable Develop. Directorate, Ottawa, ON. Inf. Rep. ST-X-3. 63 p. <http://cfs.nrcan.gc.ca/pubwarehouse/pdfs/10068.pdf>.

Granström, A. Skogsbrand - Brandbeteende och tolkning av brandindex. Statens Räddningsverk, Karlstad.

Niklasson, M. (2015) Skogshistoria och bränder på Gotska Sandön. Rapporter om natur och miljö nr 2015:1, Länsstyrelsen Gotlands län.

Niklasson, M och Abrahamsson, M. (2015) Brandplan för Gotska Sandön. Rapporter om natur och miljö nr 2015:2, Länsstyrelsen Gotlands län.

Taylor, S. W.; Pike, R.G.; Alexander, M.E. 1997. Field guide to the Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System. Nat. Resour. Can., For. Serv., North. For. Cent., Edmonton, Alberta. "Redbook".

FireSmart. Protecting Your Community from Wildfire (2003) second edition.
file:///C:/Users/annie/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/Temp State/Downloads/FireSmart-Protecting-Your-Community%20manual.pdf.

Brandrisk skogs och mark- Fakta och modeller. MSB:
https://www.msb.se/ExternData/SMHI/brand_fakta.pdf 16 okt 2017.

Fire Danger Ratings: An early indicator to you about the potential danger if a bushfire starts, Australien, 2009: <http://cdn.esa.act.gov.au/wp-content/uploads/fire-danger-ratings.pdf>.

Mallar för bränningsplanering, "Eldsjäl". (18 okt 2017).

<http://www.lansstyrelsen.se/kalmar/sv/djur-och-natur/skyddad-natur/skotsel-natur/Pages/naturvardsbranning.aspx>.

<http://cwfis.cfs.nrcan.gc.ca/background/fueltypes/c3> 8 okt 2017.

Fire Danger and Fire Behavior Potential on Gotska Sandön

Mark Heathcott, Canada, July 6, 2017 (mark.heathcott@shaw.ca)

1. Fire Danger

Meteorological observations for Gotska Sandön are available online from the Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI - <https://www.smhi.se/>). In order to determine fire danger using the Canadian Forest Fire Danger Rating System, a continuous record of 1200 hr LST observations of temperature, relative humidity and wind is required; precipitation from the previous 24hrs is also required. The following is a description of the availability and use of these elements from Gotska Sandön (climate no. 89240), latitude 58.3928N, longitude 19.197E, elevation 12m.

Temperature (measured @ 2m)

- Mean Monthly Temperature: Jan 1880 to Dec 2006. Complete record.
- Hourly Temperature: Jan 1 1949 to Dec 31 2006. Observations from 00, 06, 12, 18hr GMT from 1949 through 1960. Determined 10 hr GMT (1200 hr LST) using 06 & 12 hr GMT observations; near complete record. Observations from 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21hr GMT from 1961 through 2006. Determined 10 hr GMT (1200 hr LST) using 09 & 12 hr GMT observations; near complete record.
- Fårösund Ar A hourly temperature (climate no. 78550, latitude 57.9168, longitude 18.9569, elevation 13m.: Aug 1995 through 2016. Used data from 2007 onwards as no hourly data was available from Gotska Sandön (the daily maximum and minimum temperature is available from Dec 1995; no attempt was made to approximate 1200 hr LST with this data). This station is about 50 km south of Gotska Sandön on Gotland in the Baltic. Three short periods (7-10 days) of missing data from Fårösund Ar A were filled with data from Visby Flygplats (climate no. 78400, latitude 57.6614, longitude 18.3428, elevation 42m), 30 km further south of Fårösund Ar A.

Precipitation

- Monthly Precipitation: Nov 1879 to Dec 2006. Complete record
- Daily Precipitation: Jan 1 1949 through 2006. Precipitation based on 06 to 06 hr GMT amounts. Near complete record, with missing data from Fårö (climate no. 79580, latitude 57.8987, longitude 19.1592, elevation 8m). With the exception of Jan 8 – Jun 30 1960, there are about 12 missing days filled by Fårö.
- Hourly Precipitation: Dec 15 1995 to present. Used only from 2007 onwards. For consistency, calculated 24 hour precipitation from 06 to 06 GMT as per the daily precipitation record. Only 4 days missing; used Fårösund Ar A.

Relative Humidity

- Hourly Relative Humidity: Dec 15 1995 to present. Used 10 hr GMT for calculations (or estimate using other hours). Used Fårösund Ar A for missing data, except for 6 day period in Jan 2006 where regional data is absent. Prior to Dec 15 1995, an rh of 99 was used to fool the software to allow calculation of the Drought Code.

Wind

- Hourly Wind Direction (°) and Speed (m/s): Aug 1995 to present. Measured at 10m. Used 10 hr GMT for calculations (or estimate using other hours). Used Fårösund Ar A for missing data. Prior to Dec 15 1995, and direction and speed of 0 was used to fool the software to allow calculation of the Drought Code.

Fire Danger Calculations

Fire danger was calculated from a continuous record of observations from Jan 1 1949 through Dec 31 2016. Only the Drought Code was calculated prior to Dec 15 1995 as relative humidity and wind observations were unavailable. Calculations were continuous, without stoppage due to winter snow cover. Both the input data (***Gotska Sandon Daily Fire Weather Elements 1949-2016.xlsx***) and resultant fire danger (***Gotska Sandon Daily Fire Danger 1949-2016.xlsx***) are contained in accompanying Excel files. Comments concerning data gaps are included in the input data file. Fire danger calculations relied on Remsoft Inc (Fredericton Canada) software WeatherPro3, version 3.09, licensed to myself.

Fire Behavior Potential

A component of the Canadian Forest Fire Danger Rating System is the Fire Behavior Prediction System. It is a series of equations relating fire characteristics (rate of spread, fuel consumption, intensity, etc.) to environmental variables including fuel (vegetation), fuel moisture, wind, and topography.

The vegetation of Gotska Sandön was assumed to be similar to mature jack pine or lodgepole pine, a common Canadian fuel type (C-3). For the purpose of the following calculations, the crown base height of these C-3 stands on the island was assumed to be 4 m. The topography was assumed flat, without any slope effect on spread potential. Conifer foliar moisture was assumed to mirror the variability in observed in Canada, with a pronounced spring dip; foliar moisture content was assumed to be 120% from August through April, 110% in May, 90% in June, and 105% in July.

The daily fire danger from 1200 hrs LST was used to predict daily fire potential from April through October 31 annually (see attached ***Gotska Sandon Daily Fire Behavior Prediction 1996-2016.xlsx***). The first step was to correct the ISI when the wind speed exceeds 40 km/hr with the following equations (see page 32, Info Report ST-X-3, Development & Structure of the Canadian Forest Fire Behavior System, Forestry Canada, 1992):

- $ISI = 0.208 \times f(W) \times f(F)$
- $f(W) = 12 \times [1 - e^{-0.0818 \times (WSV - 28)}]$, where WSV is the wind speed (km/hr)
- $f(F) = 91.9 \times e^{(-0.1386 \times m)} \times [1 + m^{5.31}/4.93 \times 10^7]$
- $m = 147.2 \times (101 - FPMC)/59.5 + FPMC$

The next step was to calculate the rate of spread (m/min)

- $ROS = RSI \times BE$
- $BE = e^{[50 \times \ln(0.75) \times (1/BUI - 1/62)]}$
- $RSI = 110 * [1 - e^{(-0.0444 * ISI)}]^{3.0}$

The next step was to calculate the critical surface fire Intensity for crowning (CSI). As fire spread rates increase, a point is reached where the crowns become involved in the fire. This point is called the critical surface fire intensity (kW/m) and is defined in terms of the crown base height (CBH) and the foliar moisture content (FMC):

- $CSI = 0.001 \times CBH^{1.5} \times (460 + 25.9 \times FMC)^{1.5}$

The following table was generated using the critical surface fire intensity equation with fairly wide ranges of the crown base height and foliar moisture content.

CSI-critical surface fire intensity for crowning (kW/m)

- $CSI = 0.001 \times CBH^{1.5} \times (460 + 25.9 \times FMC)^{1.5}$

If intensity of surface fire (SFI) exceeds CSI, then fire will rise into crowns.

FMC	CBH						
	8	7	6	5	4	3	2
80	2883	2360	1873	1424	1019	662	360
85	3107	2543	2018	1535	1098	713	388
90	3336	2731	2167	1649	1180	766	417
95	3571	2923	2320	1765	1263	820	446
100	3811	3120	2476	1883	1348	875	476
105	4057	3320	2635	2004	1434	932	507
110	4307	3525	2798	2128	1523	989	538
115	4562	3734	2963	2254	1613	1048	570
120	4823	3947	3132	2383	1705	1107	603

Crown fire involvement increases with lower foliar moisture and reduced crown base heights.

The next step was to calculate the critical surface fire spread rate (RSO). The degree of crown involvement is assumed to depend upon the amount the surface fire intensity exceeds the critical surface fire intensity for crowning. This is more easily handled in terms of spread rate rather than intensity. This is done by rearranging the intensity equation and solving for rate of spread (m/min):

- $RSO = CSI/300 \times SFC$, where SFC is surface fuel consumption

To solve this equation, the surface fuel consumption must first be determined. Surface fuel consumption varies as a function of the BUI. The following equation is used to determine surface fuel consumption (kg/m²) in C-3 fuels:

- $SFC = 5.0 \times [1 - e^{(-0.0164 \times BUI)}]^{2.24}$

The next step is to determine the Crown Fraction Burned (CFB):

$$CFB = 1 - e^{-0.23 \times (ROS - RSO)}$$

The crown fraction burned is applied in determining the degree of crown fuel consumption and the frontal fire intensity. Crown fuel consumption - CFC - is computed as follows:

- $CFC = CFL \times CFB$

where CFL is the crown fuel load (1.15 kg/m² is the standard for C-3). The total fuel consumption - TFC - is the sum of the CFC + SFC. Head fire intensity (kW/m) - FI - is represented by the following equation:

- $FI = 300 \times FC \times ROS$

Perioder som utmärker sig mellan 1995 och 2016.

Några tidsintervall under de studerade åren utmärker sig genom att visa höga risker under en kort eller längre period. Nedan lyfts några av dem fram genom att visa väderdata och brandrisknivåer, samt en beskrivning av hur en eventuell brand skulle ha betett sig om den inträffat under någon av dagarna.

Juli 1997

En av de tidsperioder som utmärker sig är juli 1997. Då uppmättes låga regnmängder efter tredje veckan i juni.

Date	Time	Temp	RH	Dir	Wind	Rain	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
7/18/1997	12:00	20.3	61	82	8	0.0	86	44	325	10	66	25
7/19/1997	12:00	21.3	67	34	7	0.0	86	46	333	9	68	23
7/20/1997	12:00	22.4	71	36	8	0.0	86	48	341	10	71	26

Om en brand startar under eftermiddagen den 18 juli, skulle den ha blivit ”intermittent” kronbrand, där fronten sprider sig med ca 5 m/min. Andelen träd som dör uppskattas bli 40 %. Inom en timme har branden spridit sig över ett elliptiskt område på ca 300*85 m och täcka ungefär 2 ha. Markpersonalen skulle inte kunna bekämpa fronten, utan måste fokusera på flanker. Efter 3 timmar har ungefär 11 ha brunnit och områdets ytterkanter är närmare 1500 m. Om branden inte släcks den första dagen kommer den sprida sig vidare under nästa dag – i en ny riktning. Den 19 juli vänder vinden och den södra flanken blir nya fronten, som har denna och ytterligare en dag med stora möjligheter att sprida sig. En brand under en period som denna kan leda till stor areal bränd yta. Den största ekologiska effekten av en brand under dessa förhållanden är hög trädmortalitet. Det är möjligt att mer än hälften av träden dör direkt, och stor andel inom några år.

Juli 1999

Under Juli 1999 inträffade den period som hade de högst noterade värdena mellan 1995 och 2016, med en beräknad brandintensitet i fronten på ca 35 000 kW/m. Det är en mycket intensiv brand, och brandrisknivåer där varje antändning kan förväntas resultera i en kronbrand. Nivån kallas för ”blow-up fire conditions”. Nedan visar brandrisknivåerna för 23 – 25 juli 1999

Date	Time	Temp	RH	Dir	Wind	Rain	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
7/23/1999	12:00	15.7	77	322	6	0.2	84	56	402	5	83	19
7/24/1999	12:00	18.8	70	251	7	0.0	84	57	409	7	85	23
7/25/1999	12:00	19.2	52	252	12	0.0	87	59	416	23	87	49

En brand som antänds under sen eftermiddag (”peakburning period”), den 25 juli skulle resultera i en kronbrand som sprider sig med ca 25 m/min. Även på flankerna skulle viss andel av trädkronorna involveras i branden. Med de starka vindarna (ca 12 m/s) skulle branden skapa en smal elips med längd/breddförhållande på ca 5:1. Inom 3 timmar är branden ca 300 ha och har en omkrets på ca 1 mil. En brand med denna intensitet kan inte bekämpas i fronten, utan fokus läggs på säkerhet på de personer som befinner sig på ön.

Även om vindarna avtar efter den 25 juli, så kom ingen nederbörd de närmsta 10 dagarna, vilket innebär att branden troligen hade fortsatt sprida sig.

Augusti-september 2002

Den här perioden utmärker sig på grund av tid på säsongen och hur länge de höga värdena höll i sig. Om en brand hade startat på eftermiddagen den 3 sep skulle branden få en spridningshastighet på ca 3 m/min och inom 3 timmar en areal på ca 5 ha. Om den inte stoppas skulle den norra flanken bli front den 4 september med en spridningshastighet på ca 5 m/min. Den djupa torkan skulle innebära djupa glödbränder och omfattande eftersläckningsarbete, samt stor risk för återtändning. Vid detta tillfälle kom inga större regnmängder förrän i mitten av september. Det är mycket troligt att detta hade resulterat i en stor areal bränd yta. Inom den brända ytan förväntas en hög trädmortalitet, dvs stor andel av tallen dör. Om glödbanden inte släcks omedelbart kommer den att konsumera även djupa humustäcken, vilket ger utrymme för ny och förändrad vegetation. Sammanfattningsvis kan en brand under dessa förhållanden förändra en äldre tallskog till en ny lövblandskog.

Date	Time	Temp	RH	Dir	Wind	Rain	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
8/30/2002	12:00	22.5	79	241	9	0.0	84	55	454	9	84	27
8/31/2002	12:00	21.6	74	229	11	1.2	80	56	461	9	86	27
9/1/2002	12:00	18.7	54	301	9	0.0	85	58	467	10	88	31
9/2/2002	12:00	20.5	57	308	5	0.0	86	60	472	6	91	21
9/3/2002	12:00	19.6	69	234	7	0.0	86	61	477	9	93	27
9/4/2002	12:00	21.2	59	151	6	0.0	86	63	483	8	95	26
9/5/2002	12:00	22.8	71	171	8	0.0	86	64	489	10	97	30

Juli 2006

Under juli 2006 inträffade en period, där en skogsbrand hade utvecklats till en intensiv (intensitetsklass mellan 2 och 4) under 20 dagar i följd. En faktor som gör denna period speciell är dagar med låg luftfuktigheten. Det är ovanligt med noteringar på 34 % luftfuktighet. Mellan den 1 maj och 6 juli var nederbörden totalt 24 mm, fördelat på små mängder som därmed inte tränger ner på djupet utan humusdjupen torkar varje dag. Om vi tänker att en brand startar under eftermiddagen den 6 juli skulle den utvecklas till en "Intermittent" kronbrand och närmare 80 % av träden skulle involveras i branden, dvs hög trädmortalitet. Spridningshastigheten skulle vara 8 m/min och ha en intensitet på ca 8000 kW/m. Efter 3 timmar har ca 25 ha brunnit och ytterkanterna som behöver släckas är ca 2 km.

Date	Time	Temp	RH	Dir	Wind	Rain	FFMC	DMC	DC	ISI	BUI	FWI
7/6/2006	12:00	26.1	34	179	5	0.0	91	55	361	12	80	32
7/7/2006	12:00	27.1	45	191	5	0.0	91	59	370	13	84	34

Det är troligt att en brand som uppstår under dessa förhållanden innebär att personal och räddningstjänst första tiden endast kan fokusera på att evakuera besökare. Påverkan på vegetationen skulle bli stor. Större delen av de äldre tallar skulle dö under branden. Troligen skulle all underväxt, i form av till exempel yngre tall, dö under branden. Glödbanden under perioden skulle bitvis konsumera humus, men troligen inte totalt.

Vegetation på brand uppkommen under dessa förhållanden kan bli varierande av ny tall och lövföryngring på de delar där glödbanden fått leva kvar länge, och områden med nytt uppslag av lingon och ljung.



Vi tar Gotland längre - i dialog och med helhetssyn

Länsstyrelsen ska se till att regeringens och riksdagens beslut, som påverkar länet, får så bra effekt som möjligt. Länsstyrelsen är den mest mångsidiga av Sveriges myndigheter. Våra ansvarsområden och vår kompetens spänner över hela samhällsområdet.

Vi arbetar med:

- att ge råd och information
- att bedriva tillsyn och kontrollera att olika verksamheter följer lagar och riktlinjer
- att ge tillstånd, pröva överklaganden av kommunala beslut och sammanställa information
- att samordna länets krafter genom att ta initiativ till olika möten och aktiviteter
- att ge bidrag till verksamheter av olika slag.

Läs mer på www.lansstyrelsen.se/gotland