Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

FORSKNING/STUDIE

Analys av 160 års brandväder i Sverige

Skogsbrandsrisken sedan 1860 för nio lokaler

Författare: Johan Sjöström (RISE) & Anders Granström (SLU)

Analys av 160 års brandväder i Sverige: Skogsbrandsrisken sedan 1860 för nio lokaler

Tidsperiod: 2023
Utförare: RISE Research institutes of Sweden & Sveriges Lantbruksuniversitet
Ansvarig forskare: Johan Sjöström

Kort sammanfattning: Rapporten beskriver framställning och analys av nio tidsserier över skogsbrandsrisk beräknas från observerad väderdata mellan 1860 och 2020. Alla lokaler utom Jokkmokk uppvisar ökad brandrisk, främst på grund av torrare finbränsle. Ökningen motverkas av ökad nederbördsmängd. Den väderparameter vars förändring har störst påverkan på trenden är den relativa luftfuktigheten.

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
MSB:s Kontaktpersoner: Leif Sandahl, 010-240 53 12

Omslag: En mycket torr eftermiddag i Västerbotten under juni 2023.
Text: Johan Sjöström & Anders Granström
Tryck: DanagårdLiTHO

Publ. nr: MSB2300 - januari 2024
ISBN: 978-91-7927-468-9

MSB har beställt och finansierat genomförandet av detta uppdrag.
Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Innehåll

SAMMANFATTNING **4**

NOMENKLATUR **5**

INLEDNING **6**
Vad är skogsbrandsrisk? 6
Skogsbrandsrisk utryckt med FWI-systemet 7

DATA OCH BERÄKNINGAR **10**
Stationer för väderobservationer 10
Snösmältning – när startas modellen? 12
Tillskrivning av förändring i brandrisk till vädertrender 13
Beräkning av DMC över långa tidsserier 14

RESULTAT **16**
Vädermönster sedan 1951 16
Skogsbrandsrisk sedan 1951 19
Vad bidrar till en högre brandrisk? 22
Skogsbrandsrisk sedan 1860-talet 24
Temperatur och torka 24
DMC serier 26

DISKUSSION **28**

REFERENSER **31**

BILAGA 1 - OBSERVATIONSDATA **34**

BILAGA 2 – TIDSSERIER ÖVER ALLA INDIKATORER 1951 – 2020 ..... **46**
Säsongskarakteristik väderindikatorer 1951-2020 46
Säsongskarakteristik riskindex 1951-2020 49
Underindex och väderparametrars påverkan på FWI7x-förändringar 55

BILAGA 3 - TIDSSERIER ÖVER ALLA INDIKATORER 1860 – 2020 ..... **58**
Säsongskarakteristik väderindikatorer 1860-2020 58
Säsongskarakteristik riskindex 1860-2020 61

BILAGA 4 – DATAFILER MED SAMMANSTÄLLDA TIDSSERIER **63**

Sammanfattning

Denna studie utnyttjar dagliga väderobservationer för att beräkna brandriskindex över långa tidsserier för nio olika lokaler i Sverige, från Jokkmokk i norr till Växjö i söder. Beräkningarna följer det kanadensiska *Fire Weather Information System*. För perioden 1951-2020 finns fullständiga väderobservationer vilket gör det möjligt att beräkna FWI-index, alltså det riskmått som generellt används i Sverige. Analysen visar att skogsbrandrisken, uttryckt som sommarens högsta 7-dagars medelvärde av potentiell brandintensitet (FWI), ökade över denna 70-årsperiod på alla lokaler förutom för Jokkmokk. Ökningen var störst för Västervik, följt av Storuman, Falun och Stockholm. Trots denna generella ökning var det mycket stor variation mellan år och för flera lokaler var det, med undantag för år 2018, förhållandevis låga värden under de senaste 20 åren.

Förändringarna FWI-index är i de flesta fall drivna av en lägre fuktkvot i det översta mest finfördelade bränslet. Den lägre fuktkvoten är i sin tur mest påverkad av en lägre relativ luftfuktighet mitt på dagen under den 7-dagarsperiod då den högsta brandrisken infaller, men även av ökad lufttemperatur under samma tid.

För att kunna beräkna brandrisk så långt tillbaka som 1860-talet, när uppgifter om vindhastighet och luftfuktighet saknas, konstruerade vi en proxy för DMC, ett index som beskriver förnans uttorkning i lager strax under ytan. En analys visar att detta proxy-DMC, uttryckt som säsongens högsta 7-dagars löpande medeltal, är väl korrelerat med motsvarande ”äkta” DMC, liksom med FWI. Sett över hela 160-årsperioden var det för nästan alla lokaler relativt oförändrad skogsbrandrisk fram till mitten av 1900-talet, men därefter en ökning mellan 1920 och 2020 motsvarande 16 % under en 100-årsperiod. Den ökande nederbördsmängden under senare år är mindre markant på sommaren jämfört med vintern, men trots det tillräcklig för att minska skogsbrandsrisken för alla undersökta lokaler. Överallt utom för Jokkmokk kompenseras alltså den ökade nederbörden av ökade temperaturer och torrare luft mellan regnperioderna.

Även om förändringarna i skogsbrandsrisk är samstämmiga över de olika lokalerna så är de små i relation till de variationer år från år som varje tidsserie uppvisar. De trender vi hänvisar till är alltså bara tydliga då vi förenklar tidsserier till en rät linje. Förändringarna som syns i Sverige mellan 1951 och 2020 är något lägre än förändringar som noterats för andra boreala regioner (exempelvis östra Kanada), men dessa har vanligen inte nyttjat observerade väderdata och har inte heller så lång tidstäckning.

Till rapporten hör datafiler med alla dagligt beräknade brandindex och de observationer de baseras på. Denna data utgör en unik mängd information som på det mest noggranna sättet beskriver långa dataserier av den faktiska brandrisken såsom den beräknas enligt vårt nationella system för skogsbrandsrisk.

Nomenklatur

Väderparametrar såsom lufttemperatur (T), relativ luftfuktighet (RH) eller vindhastighet 10-meter över öppen mark (vind) gäller observationer från väderstation klockan 12.00 UTC, om inget annat anges (Tabell 1). Regn betecknar ackumulerad nederbörd 24 timmar framåt från innevarande dygn klockan 06.00 UTC. Om väderparameter, brandriskindex eller -koder följs av siffran 7 betecknar detta 7-dagars medelvärde av storheten. Om indikatorn följs av ett ”x” betecknar detta säsongens extremvärde av parametern för lokalen. Exempelvis benämner FWI7x en lokals högsta 7-dagars glidande medelvärde av FWI under säsongen och RH7x benämner säsongens lägsta 7-dagars glidande medelvärde av RH.

Som säsongskarakteristik för en väderparameter visas främst extremvärdet av 7-dagars medelvärde, exempelvis RH7x och T7x. För parametern vind sorterar vi bort alla dagar då bränslet i skogsmark inte kan anses eldfängd (bland annat för att inte få med blåsiga lågtryckpassager om bränslet samtidigt är fuktigt). Vi har då valt att analysera extremvärdet för vind bara under de perioder när FFMC<85 och DMC>20 (se sidan 7 för betydelsen av dessa index). Alla säsongskarakteriserande brandriskindex visas i rapporten som högsta 7-dagars medelvärde över säsongen.

Tabell 1. Förteckning över förkortningar, indexvärden och andra termer som används i rapporten.

Term	Beskrivning
DC	Drought Code. Mått på torka enligt FWI-modellen (se sidan 7)
DC7x	Säsongens högsta värde av 7-dagars glidande medelvärde av DC för en viss lokal
DMC	Duff Moisture Code. Mått på fuktkvoten i undre bränslelager enligt FWI-modellen (se sidan 7)
DMC7x	Säsongens högsta värde av 7-dagars glidande medelvärde av DMC för en viss lokal
dnr	Dagnummer. Löpande nummer av dagen under året
DSR	Daily Severity Rating. Speglar svårigheten att kontrollera en brand
DSR7x	Säsongens högsta 7-dagars glidande medelvärde av DSR7
FFMC	Fine Fuel Moisture Code. Mått på finbränslet fuktkvot enligt FWI-modellen (se sidan 7)
FFMC7x	Säsongens högsta värde av 7-dagars glidande medelvärde av FFMC för en viss lokal
FWI	Fire Weather Index. Brandriskmodellens slutindex, speglar brandintensitet i en typskog
FWI-modellen	Allmän benämning på Canadian Forest Fire Weather Informations System (CFFWIS)
ISI	Initial Spread Index. Mått på spridningshastighet då enbart övre bränslelagret deltar i branden enligt FWI-modellen.
ISI7x	Säsongens högsta 7-dagars medelvärde av ISI
jja	Gäller för perioden 1:a juni till sista augusti
RH	Relativ luftfuktighet observerad för en viss lokal klockan 12.00 UTC (%)
RH_{proxy}	Uppskattat värde av RH beräknat från T, 24h regn, dagnummer och latitud
RH7	7-dagars glidande medelvärde av RH klockan 12.00 UTC (%)
RH7x	Säsongens lägsta värde av RH7 för en viss lokal (%)
SSR	Seasonal Severity Rating. Säsongens (här 1:a juni – 31 augusti) medelvärde av DSR.
T	Lufttemperaturen observerad för en viss lokal klockan 12.00 UTC (°C)
T7	7-dagars glidande medelvärde av lufttemperaturen klockan 12.00 UTC (°C)
T7x	Säsongens högsta värde av T7 för en viss lokal (°C)
UTC	Koordinerad Universell Tid. En timme efter svensk normaltid (2 h efter sommartid)
Vind	10-meters vindhastighet på öppen mark (ms^{-1})
Vind7	7-dagars medelvärde av vindhastigheten klockan 12.00 UTC (ms^{-1})
Vind7x	Säsongens högsta värde av Vind7 för lokalen (ms^{-1})

Inledning

Vegetationsbränder är uppenbart väderberoende och därmed kommer också framtida klimatförändringar att få ett direkt genomslag för brandproblematiken. I IPPCs rapport 2021 fastslogs att de av människan orsakade klimatförändringarna nu påverkar varje del av jorden, men på olika sätt (Arias *et al.* 2021). För många delar av världen tros risken för skogsbränder öka (Dowdy 2018). Redan finns tecken på att de allt värre bränderna kring medelhavet till viss del orsakas av att specifika vädersituationer förstärks av klimatförändringarna (Dupuy *et al.* 2020). Likaså finns studier som indikerar att sannolikheten för det extremväder som orsakade de stora bränderna i Quebec under sommaren 2023 har fördubblats (Barnes *et al.* 2023). Eftersom klimatet förändras snabbast nära polerna (Rantanen *et al.* 2022) dras ofta slutsatsen att risken för skogsbränder i Sverige kommer att öka drastiskt i framtiden.

Eftersom 'brandvädret' styrs av en kombination av flera olika vädervariabler (nederbördens fördelning dag för dag, temperaturen, luftfuktigheten och vinden) är det extra svårt att modellera framtida förändringar (Yang *et al.* 2015), men det är också svårt att veta vilka förändringar vi faktiskt genomlevt hittills. Efter Västmanlandbranden 2014 och brandsommaren 2018 är det lätt att få uppfattningen att skogsbränderna blivit fler och större men om detta är kopplat till högre frekvens av väder som främjar stora skogsbränder är inte givet.

För att analysera om det skett långsiktiga förändringar i risken för skogsbrand i Sverige har vi därför bearbetat väderobservationer och beräknat skogsbrandsrisken vid nio lokaler i Sverige, från Jokkmokk i norr till Växjö i söder. För att uttrycka 'risk' använder vi olika index inom det kanadensiska brandrisksystemet, som sedan 1996 även används i vårt land. Vi har beräknat fullständiga riskindex från 1951 till 2020 och analyserat förändringarna med avseende på förändringar i olika väderparametrar. För att beräkna riskindexen krävs tillgång till uppgift om daglig luftfuktighet och vind, vilket generellt saknas i väderdata före ca 1950. För att ändå kunna utnyttja äldre väderobservationer visar vi hur det går att med endast dagliga uppskattningar at temperatur och 24-timmars nederbörd göra rimligt säkra säsongsuppskattningar av Duff Moisture Code (DMC), vilket är det del-index som beskriver fuktkvoten i skogsförna strax under ytan. DMC är i sin tur tätt kopplat till FWI-index (se nedan), särskilt uttryckt som säsongsmedel. Vi gör dessa säsongsuppskattningar på samma nio lokaler från 1860 och kan därmed analysera trender över en period av 160 år.

Vad är skogsbrandsrisk?

Med termen risk menar man oftast sannolikheten för en viss händelse och konsekvenserna om den skulle inträffa. Många faktorer spelar stor roll för risken att en skogsbrand ska antändas och sprida sig, men i dagligt tal brukar man med 'brandrisk' mena att det rått torrt väder över en längre tid. Eftersom torrt bränsle är en förutsättning för att det skall kunna brinna så är även antalet torra dagar i följd en avgörande för hur många antändningar som kan tänkas uppstå och hur länge varje enskild brand skall kunna fortsätta att breda ut sig. Lägg därtill att vinden har stor inverkan på eldens spridningshastighet. Men det faktiska utfallet (exempelvis hur många skogsbränder som inträffat eller hur stor area som brunnit under en säsong) är i hög grad även beroende av en rad andra faktorer (Sjöström & Granström, 2023). Dessa innefattar bland annat vegetationens sammansättning (olika skogstyper brinner olika bra), befolkningstäthet (antändningar och upptäckt), avstånd till resurser (hur lång tid det tar för räddningstjänsten att ta sig till branden och påbörja

släckarbetet), framkomligheten i landskapet och topografin. Risk är alltså ett komplicerat begrepp som när det gäller skogsbränder också bör beakta kostnaden för att insatser, förlorade värden i skog och bebyggelse, samt påverkan på människors liv och hälsa.

I den här rapporten använder vi begreppet ”skogsbrandsrisk” för att beskriva hur nuvarande och föregående dagars väder påverkat skogsmarksbränslets fuktkvot och hur intensivt det skulle brinna om antändning skedde i en ”exempelskog”. På engelska benämns detta med termen ”fire danger” men begreppet ”skogsbrandsrisk” är vedertaget i den svenska kontexten. Hög risk, innebär att vädret har varit sådant att bränslet i skogen har kunnat torka upp och för tillfället är vädret sådant att det kan brinna med hög intensitet. Mer precist använder vi i Sverige en lätt modifierad version av det kanadensiska brandvädersystemet (Canadian Forest Fire Weather Index System), som dagligdags kallas för FWI-systemet. Nedan beskriver vi kortfattat detta system.

Skogsbrandsrisk utryckt med FWI-systemet

Det kanadensiska FWI-systemet (Stocks et al. 1989) består av ett antal index som baseras på väderparametrar (regn, lufttemperatur, RH och vindhastighet) och beskriver fuktstatus i olika lager av förnan under en fullsluten skog (modellen byggdes ursprungligen för tallskog av arten *Pinus resinosa*). Tillsammans med vindhastigheten beskrivs sedan intensiteten av en eldfront i en sådan typskog under värsta tiden på dygnet, det vill säga eftermiddagen. I denna rapport är det alltså utfallet av just denna modell applicerad på väderobservationer från ett antal lokaler i Sverige som studeras, inte faktisk fuktkvot eller spridningshastighet i svensk skogsmark.

Modellen beaktar vädertillståndet en gång om dagen (i den svenska anpassningen klockan 12.00 UTC, vilket är 14.00 svensk sommartid och 13.00 svensk normaltid). Alla index i modellen uttrycks i kodvärden där höga värden betyder torrare/värre förhållanden. En utförlig beskrivning av modellen ges av Van Wagner (1987).

Modellen startas tre dagar efter snösmältning med värden där fukten i djupa lager förutsätts vara så gott som mättade efter vintern. Det motsvarar ett DMC-värde på 8 (fuktkvot på 250 %) och ett DC-värde på 20. Sedan justeras alla kodvärden dag efter dag utifrån väderobservationer. Följande kodvärden och index beräknas:

FFMC – Fine Fuel Moisture Code, beskriver fuktkvoten i det mest finfördelade bränslet, såsom det övre lagret av fallna barr, kvistar och översta delen av mossan. Mängden bränsle motsvarar 250 gm^{-2} och det tar ca 1.5 dagar innan fuktkvoten (i det närmaste) ställt in sig efter ett väderomslag. Koden beräknas utifrån T, RH, vindhastighet och kumulativ regnmängd från innevarande dygn klockan 18.00 UTC och 24 timmars bakåt. Regn under 0.5 mm/24h påverkar inte fuktkvoten då det anses fastna i trädkronorna. Kodvärdet varierar mellan 0 (maximal fuktkvot på 250 % av torrmassan) och 101 (helt torrt). Brännbarheten startar vid ett kodvärde på 85 (23 %) och höga nivåer anses vara över kodvärde 90.

DMC – Duff Moisture Code, beskriver fuktkvoten i ett undre luckert bränslelager av mer nedbrutet material, motsvarande ca 5 kgm^{-2} och med en reaktionstid på ca 12 dagar. Koden beräknas från T, RH, dagslängd och kumulativ regnmängd, där mängder under 1.5 mm/24h antas plockas upp av övre lager. Kodvärdet går från 0 (motsvarar en tänkt maximal fuktkvot på 300 %) och har ingen övre gräns, men fuktkvoten kan aldrig nå under 20 %.

DC – Drought Code beskriver vattenmängden i riktigt långsamt reagerande lager såsom kompakt djup humus och torv. Reaktionstiden är ca 52 dagar och kodvärdet, som beräknas från T, dagslängd och kumulativ regnmängd (där mängder under 2.8 mm/24h ignoreras), går från 0 och har liksom DMC ingen övre gräns.

ISI – Initial Spread Index kombinerar finbränslets fuktkvot (FFMC) och vindhastigheten för att beskriva hur snabbt en eld sprider sig. Kodvärdet stiger exponentiellt med vindhastigheten och negativt exponentiellt med finbränslets fuktkvot. Höga ISI-värden (typiskt över ISI = 7 - 8) beskriver alltså situationer då finbränslet är torrt samtidigt som det blåser en del.

BUI – Buildup Index beskriver hur mycket torrt bränsle som finns tillgängligt för elden genom att kombinera DMC och 40 % av DC i ett harmoniskt medelvärde.

FWI – Fire Weather Index speglar hur hög intensitet (effekt per breddenhet av flamfronten) en brand under eftermiddagen skulle ha i den typskog där systemet är framtaget. FWI kombinerar både spridningshastighet och tillgängligt torrt bränsle, dvs ISI och BUI, och avspeglar bara intensiteten i en löpbrand (där endast markbränslet föder elden), alltså inte en kronbrand. I Sverige anses FWI ≥ 17 utgöra *hög brandrisk*, FWI ≥ 22 *mycket hög brandrisk* och FWI ≥ 28 *extremt hög brandrisk*.

DSR – Daily Severity Rating är ett index som beskriver svårigheten att hantera en brand, baserat på antagandet att bekämpningssvårigheterna stiger snabbare än brandens intensitet (Van Wagner och Pickett 1985). DSR är alltså en förstärkt avspegling av FWI och beräknas enligt $DSR = 0.0272 \times FWI^{1.77}$.

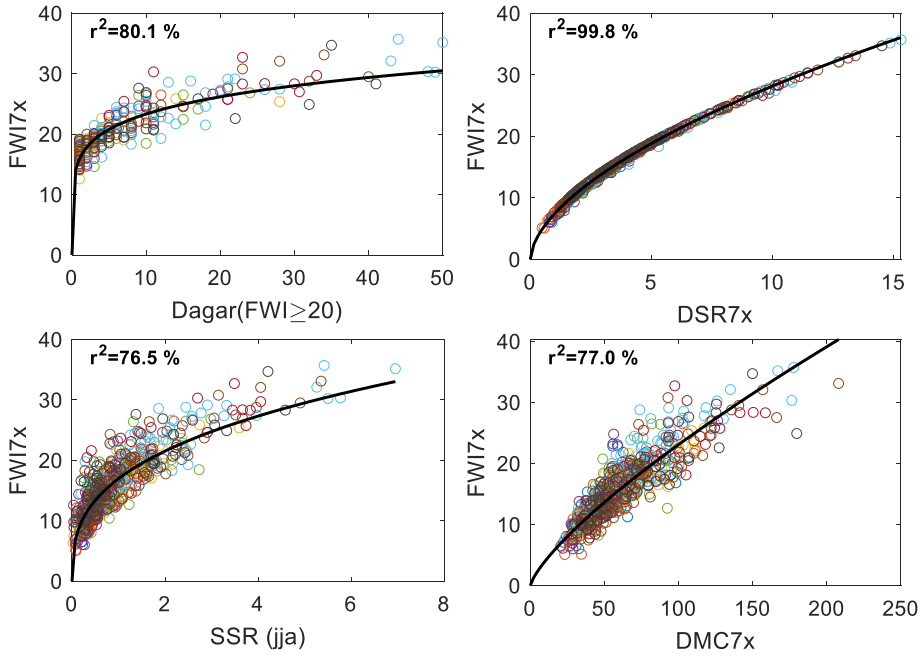
Alla index som beskrivs ovan beräknas för varje dag under säsongen (från tre dagar efter att snön har smält). Vi beskriver säsongens karakteristik avseende varje index genom säsongens högsta värde, säsongens medelvärde under perioden 1:a juni till 31:a augusti samt säsongens högsta 7-dagars medel av indexet. Exemplet FWI har alltså följande säsongskarakteristik (och samma gäller för FFMC, DMC, DC, ISI, BUI och DSR):

a) FWIx – Säsongens högsta dagliga FWI-värde
b) Medel FWI – Medelvärdet av FWI från 1:a juni – 31:a augusti
c) FWI7x – säsongens högsta 7-dagars medelvärde av FWI.

Säsongen beskrivs även med det så kallade Seasonal Severity Rating (**SSR**)som är ett medelvärde av DSR. I denna rapport visas SSRjja, vilket är medelvärdet över 1:a juni – 31:a augusti samt SSR vilket är medelvärdesbildat över <u>hela</u> säsongen från snösmältning till sista oktober.

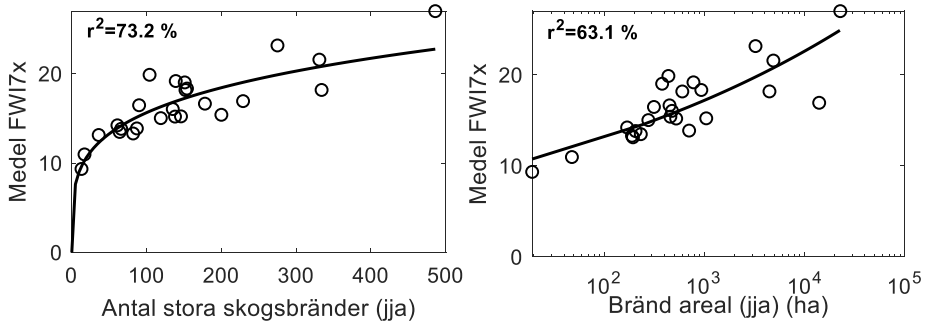
Även om de olika riskindexen belyser olika delar av risken har vi funnit att deras säsongskarakteristik är starkt sammankopplad. Vi korrelerar FWI7x mot olika index och ser att en enkel potenslag beskriver variationen i FWI7x till 80 %, enbart baserat på antal dagar med FWI ≥ 20. Liknande korrelationer ser vi mellan FWI7x och säsongens svårighetsgrad (SSR) och den undre förnans kraftigaste uttorkning (DMC7x). Svårigheten i att kontrollera en brand (DSR) är direkt knuten till enbart FWI och FWI7x korrelerar därför nästan perfekt med DRS7x (**Figur 1**).

Figur 1. Korrelationer mellan FWI7x och andra karakteristiska mått på brandrisk. Varje datapunkt representerar en säsongs karakteristik på en lokal. De nio lokalerna har färgkodats. Linjerna är potensanpassningar där R2 anger korrelationskoefficienten.



Ett medelvärde över de nio lokalernas FWI7x för varje säsong får representera ett nationellt mått på säsongens brandrisk. Denna har en god korrelation med antalet stora skogsbränder (de som täcker minst >0.5 ha) (Sjöström & Granström 2023a) och i viss mån även med totala brända skogsarealen för given säsong (**Figur 2**).

Figur 2. Korrelationer mellan FWI7x (medelvärden över alla nio lokaler) landets utfall i antal bränder över 0.5 ha och total avbränd area för åren 2000 till 2020. Heldragna linjer är anpassade potensfunktioner och r2 visar korrelationskoefficienten. Se Sjöström & Granström (2023a) för en närmare beskrivning av dataunderlag och metod vad gäller inträffade bränder.



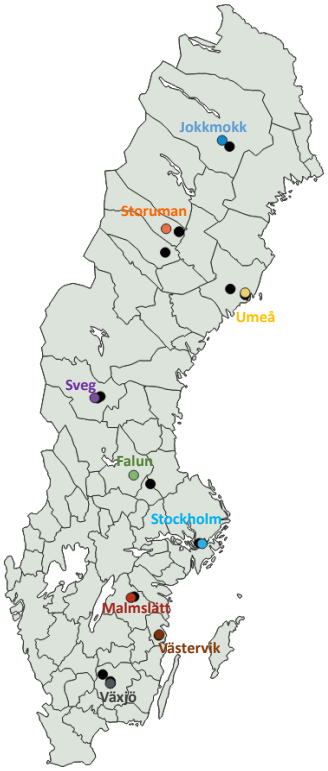
Då FWI är det mest välkända indexet i modellen för skogsbrandsrisk och då dess korrelation både med andra säsongsindex och utfallet i antal skogsbränder är god, väljer vi att fokusera karakteriseringen av en säsongs skogsbrandsrisk på indikatorn FWI7x för de år då denna kan beräknas (efter 1950). FWI7 har tidigare visat sig korrelera bra mot snabb brandspridning i både boreala (Barnes *et al.* 2023) och tempererade (van Oldenborgh *et al.* 2021) områden. För den längre perioden tillbaka till 1860 används i huvudsak DMC7x som mått på säsongen. Tidserier över alla index finns dock i bilaga 2-3.

Data och beräkningar

Stationer för väderobservationer

Nio lokaler, utspridda från Jokkmokk i norr till Växjö i söder, valdes ut. Urvalskriterierna var dels att få rimlig geografisk täckning, och dels att få väderdata med så få avbrott som möjligt (**Figur 3**). Från 1951 fanns väderobservationer registrerade klockan 12.00 UTC (alltså 13.00 svensk normaltid, 14.00 svensk sommartid) för alla lokaler. Dessa omfattar vindhastighet (vind) vid 10 meters höjd över öppen mark, lufttemperatur (T) mätt på 2 meters höjd samt relativ luftfuktighet (RH), eller daggpunkt (DP) där RH saknas. Varje lokal hade dessutom observationer på snölagrets djup och täckningsgrad från morgontimmarna samt senaste 24 timmarnas ackumulerade regnmängd registrerat klockan 06.00 eller 07.00 UTC. Brytpunkten för 24-timmars regnmängd skiljer sig alltså från den nuvarande operativa modellen men detta torde ha försumbar inverkan på utvecklingen över en hel säsong. Väderobservationerna finns allmänt tillgängliga för nedladdning från SMHI (2023). De allra flesta observationerna är manuellt registrerade och därför saknades ibland data från vissa dagar eller perioder. I dessa fall användes närliggande (i tid eller rum) data eller (för perioden efter 1998) omanalyserad Mesandata (se bilaga 1 för mer detaljer). Denna observerade väderdata ligger till grund för beräkning av dagliga index över brandrisk enligt beskrivningen ovan.

Figur 3. Karta över lokalerna med deras huvudsakliga väderstation (färgade cirklar) och stationer som används för att fylla ut bristfällig data (svarta cirklar).



Vi samlade dessutom in information över daglig T och regnmängd så långt tillbaka som 1860 (för fem lokaler), 1871 (för två lokaler) och 1881 (för två lokaler). Med denna data beräknade vi dagliga värden på undre förnans fuktkvot (DMC) enligt metoden beskriven

sist i detta kapitel. Vilken data som samlas över vilka år återges nedan (**Tabell 2**) och en längre beskrivning över fullständigheten i rådata finns i Bilaga 1.

Tabell 2. Väderstationer för varje lokal och vilka år som täcker vilka väderparametrar.

	Stationsnamn	(Väderparametrar; tidsperiod)
Jokkmokk	Jokkmokk	(Regn; 1871-2017) (T; 1871-1999) (Vind, DP; 1951-1999) (Snö; 1951-1999)
	Jokkmokk Flygplats	(Regn, snö - 2018-2020), (T, vind, RH; 2000-2020)
Storuman	Stensele	(Regn; 1871-2017) (T; 1871-1999) (Vind, DP 1951-2008) (Snö; 1951-2017)
	Gunnarn	(Regn, T, DP; 2004-2009) (Vind 1955-1956) (Snö 2005-2015)
	Gunnarn A	(Regn, T, DP; 2009-2020) (Vind 2009-2020)
	Latikberg D	(Snö; 2016-2020)
Umeå	Umeå	(Regn, T; 1881-1978) (Snö; 1951-1978)
	Umeå flygplats	(Regn, T; 1979-2020) (Vind, DP; 1962-2020) (Snö; 1979-2005)
	Vännäs	(Vind, DP; 1951-1962)
	Bredhornet	(Snö; 2006-2014)
	Rönnbäcksdalen	(Snö; 2015-2020)
Sveg	Sveg	(T; 1881-2009) (Vind, DP; 1951-2009)
	Sveg Eggarna	(Regn; 1881-2009) (Snö; 1951-2020)
	Sveg A	(Vind, RH; 2010-2020)
Falun	Falun-Lugnet	(Regn, T; 1860-2020) (Vind, DP; 1951-1997) (Snö; 1951-2020)
	Borlänge Flygplats	Vind, DP; 1998-2020)
	Stjärnsund	(T; juli 1982)
Stockholm	Stockholm Observatoriekullen	(Regn, T; 1860-2020) (Snö; 1951-2020) (Vind, DP; 1951-1995)
	Stockholm-Bromma Flygplats	(Vind, RH; 1996-2020)
Malmslätt	Linköping-Malmslätt	(Regn, T; 1944-2020) (Snö; 1951-2020) (Vind, DP; 1951-2020)
	Linköping	(Regn, T; 1860-1943)
Västervik	Västervik	(Regn, T; 1860-1994) (Snö; 1951-1995; DP)
	Gladhammar A	(Regn, T, RH; 1995-2020)
	Hellerö	(Snö; 1996-2020)
Växjö	Växjö	(Temp; 1860-2020) (Vind, DP; 1951-1995)
	Växjö A	(Regn; 2020) (Vind, RH 1996-2020)
	Växjö D	(Regn; 1860-2019) (Snö; 1951-2019)
	Moheda D	(Snö; 2020)

Då RH inte fanns registrerat så användes daggpunkt och lufttemperatur för att beräkna RH. Saknades data från rätt klockslag användes tidsmässigt närmaste observation från samma station eller observationer från närmaste station korrigerad för systematisk diskrepans mellan stationerna (Bilaga 1).

Brandrisk beräknades sedan för varje dag från säsongens start (tre dagar efter snösmältning) till sista oktober enligt modellen som använts i Sverige sedan 1999[1].

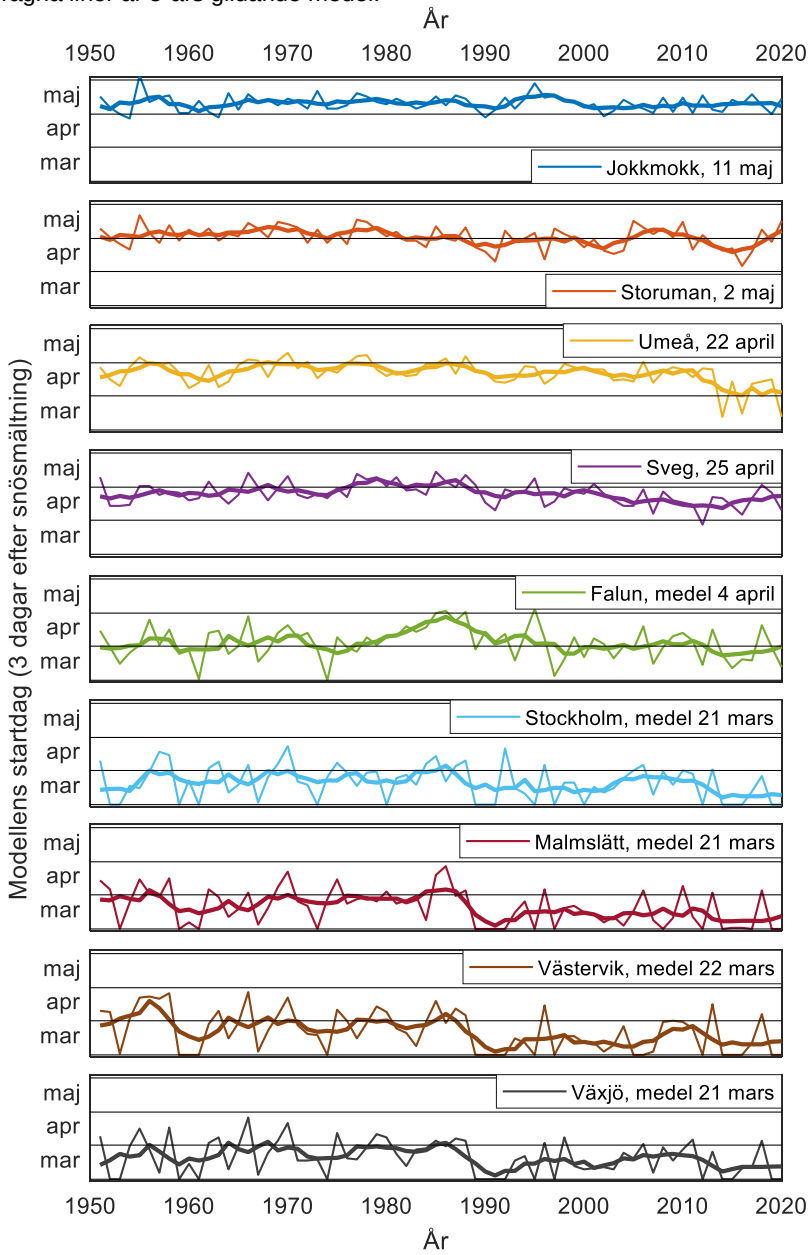
[1] Det kanadensiska systemet har även en modul för att justera DC-värdet baserat på ackumulerad nederbörd under vintern (Hanes *et al*. 2020) men denna metod har inte applicerats i Sverige. I Sverige används i stället sedan några år tillbaka en modifierad DC som tar ackumulerad nederbörd i respektive beräkningspunkt i beaktning. I denna rapport använder vi originalmodellen från Stocks et al (1989).

Snösmältning – när startas modellen?

För varje lokal samlades information om snötäckning och djup. Dataunderlaget var oftast gott under perioder när snötäcket legat längre tid men ibland saknades en del data i anslutning till barmarksperioder. För att säkerställa när snötäcket smält bort användes vid bristfällig data även synkron information från närmaste station. Vid lokalerna söder om Falun var inte alltid snösmältningen väldefinierad i en tidig period med snö och en senare period med barmark. Vi definierade då datumet för start av modellen som tre dagar efter sista snöperiod. För att räknas behövde en snöperiod innefatta minst fem dagar i sträck med snötäcke som täcker minst halva markytan och där minst fem dagar har ett snödjup över 2 cm. I de fall det varit snöfria vintrar lägst i söder började vi trots det inte beräkna modellen före 1:a mars, eftersom januari och februari sådana år regelmässigt karakteriseras av lågtrycksbetonat fuktigt och blött väder (se exempelvis Sjöström och Granström 2023b).

Observationerna av när snön smält bort samlades in för alla nio lokaler mellan 1951 och 2020. För säsongerna mellan 1860 och 1950 använder vi istället en konstant startdag beräknad på medelvärdet av startdagen 1951 till 1989. Vi stöder oss då på en studie (Schimanke *et al.* 2022) som beskriver snösäsongens längd sedan tidigt 1900-tal, där säsongen inte uppvisat någon större trend under århundradet fram till en minskning under 90-talets början. Även observationsdata från 1951 och framåt som vi analyserat (**Figur 4**), bekräftar denna tes.

Figur 4. Brandriskmodellens startdag för de nio stationerna. För varje säsong startar beräkningen av index tre dagar efter snösäsongens slut men aldrig före 1:a mars. Tunna linjer visar de årliga värdena medan heldragna liner är 5-års glidande medel.



Vi ser hur snösmältningen skiftar till senare på säsongen ju längre norrut lokalen ligger (**Figur 4**). I Växjö och Västervik är den koncentrerad till mars medan Falun oftast har barmark från månadsskiftet mars/april och Storuman och Jokkmokk från början av maj.

Tillskrivning av förändring i brandrisk till vädertrender

För varje lokal presenteras karakteristiska värden på säsongens väder och skogsbrandsindex såsom FWI7x eller T7x. Eftersom extremvärden i alla väderparametrar inte är synkrona så är det inte givet vilka parametrar som har störst inverkan på långsiktiga förändringar i slutindex FWI. För varje säsong särstuderade vi därför index och väderparametrar under den 7-dagarsperiod som hade högsta värdet i FWI7. Förändringen i FWI7x mellan 1951 och 2020 kunde sedan delas upp och tillskrivas förändringar i ISI respektive BUI under

samma tidsperioder då extremvärdena i FWI inträffade. Samma analys gjordes sedan för förändringarna i ISI uppdelat på vind och FFMC samt förändringarna i BUI uppdelat på DMC och DC, genom att iterativt modellera koderna för dessa index från startvärdet i underindex 1951 och förändringarna under 70-årsperioden fram till 2020. Slutligen gjorde progressionen av dessa bidrag genom hela modellen det möjligt att tillskriva förändringen i slutindex FWI7x till förändringen i specifika väderparametrar.

Eftersom modellerna inte är linjära beskriver inte förändringar i väder- eller underindex till fullo förändringen FWI7x. Differensen mellan den faktiska och modellerade förändringen i FWI7x tillskrivs därför ”övrigt”. Övrigt innefattar alltså både det faktum att vi studerade 7-dagars medelvärden, att nederbörd är olika fördelat samt skillnaden som uppstår då exempelvis en torr/varm period följs av en torr/blåsig period jämfört med om dessa perioder inträffar i omvänd ordning. För åtta av nio lokaler kan förändringarna i FWI7x till 65 - 95 % beskrivas med förändringar i väderparametrar medan resten av förändringen tillskrivs de icke-linjära effekterna i kategorin ”övrigt”.

Beräkning av DMC över långa tidsserier

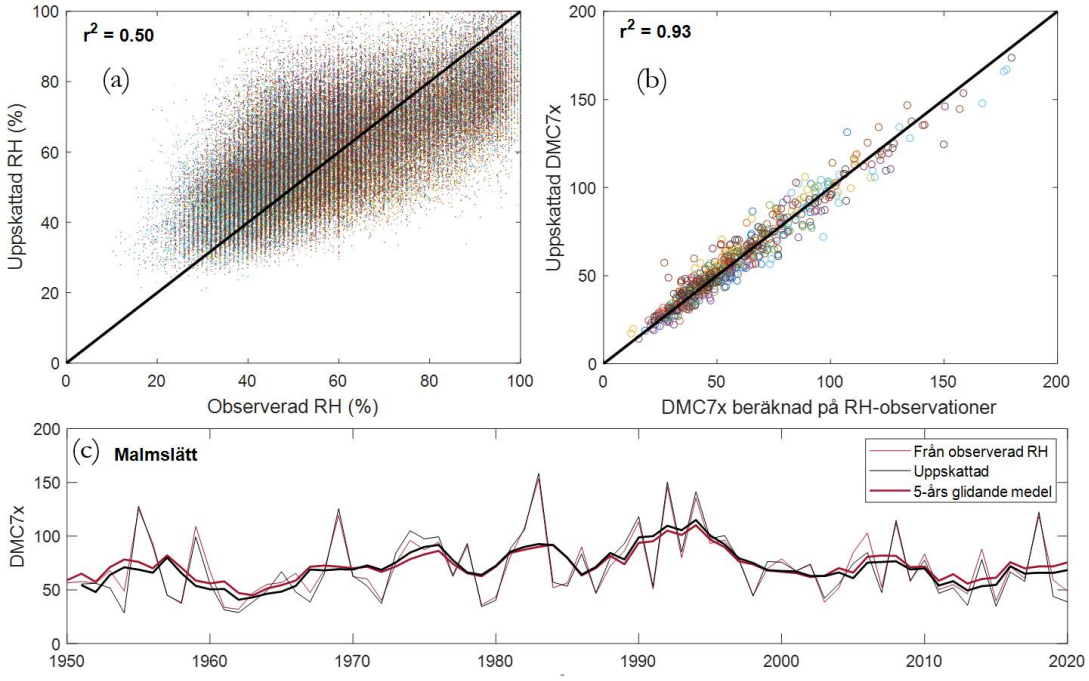
För att beräkna alla index i FWI-systemet, inklusive huvudindex FWI, behövs data på vindhastighet, RH, T och regn. Vind och RH finns dock inte tillgängligt tidigare än 1951; då har vi enbart tillgång till daglig temperatur och nederbörd. Även DMC (som vi sett korrelerar bra mot FWI) baseras till viss del på information om RH, även om effekterna av T och regn är större.

Vi beräknar därför en proxy för RH baserat på dagligt värde av temperatur (*T*), regn (*r*), dagnummer (*dnr*) och lokalens latitud (*Lat* enligt WGS84). Vi bestämmer proxyn genom att minimera felet i en icke-linjär multivariablel regression baserad på alla observerade värden av RH från 1951 och framåt. Uppskattningen som minimerar felet är:

$$RH_{proxy}[\%] = 0.155 \times dnr - 1.634 \times T + 9.759 \times r^{0.3} - 0.885 \times Lat + 103.9$$

Även om varje dags RH kan slå fel (korrelationskoefficienten mellan observerad och uppskattad RH är $r^2 = 0.50$) så är beräkningen av DMC, som ju främst avgörs av temperatur och regn, så pass bra att säsongsuppskattningar går att uppskatta med mycket god noggrannhet. DMC7x (säsongens högsta 7-dagars medelvärde av DMC) korrelerar exempelvis med $r^2 = 0.93$ mellan värden beräknade på uppskattad respektive observerad luftfuktighet (**Figur 5**).

Figur 5. Kvalitet på DMC beräknad från uppskattning utan RH-data. (a) Korrelation mellan Observerad och uppskattad RH. (b) Korrelation mellan DMC7x beräknad för alla lokaler och år baserat på uppskattad respektive observerad RH. (c) Exempel på tidsserie över DMC7x.

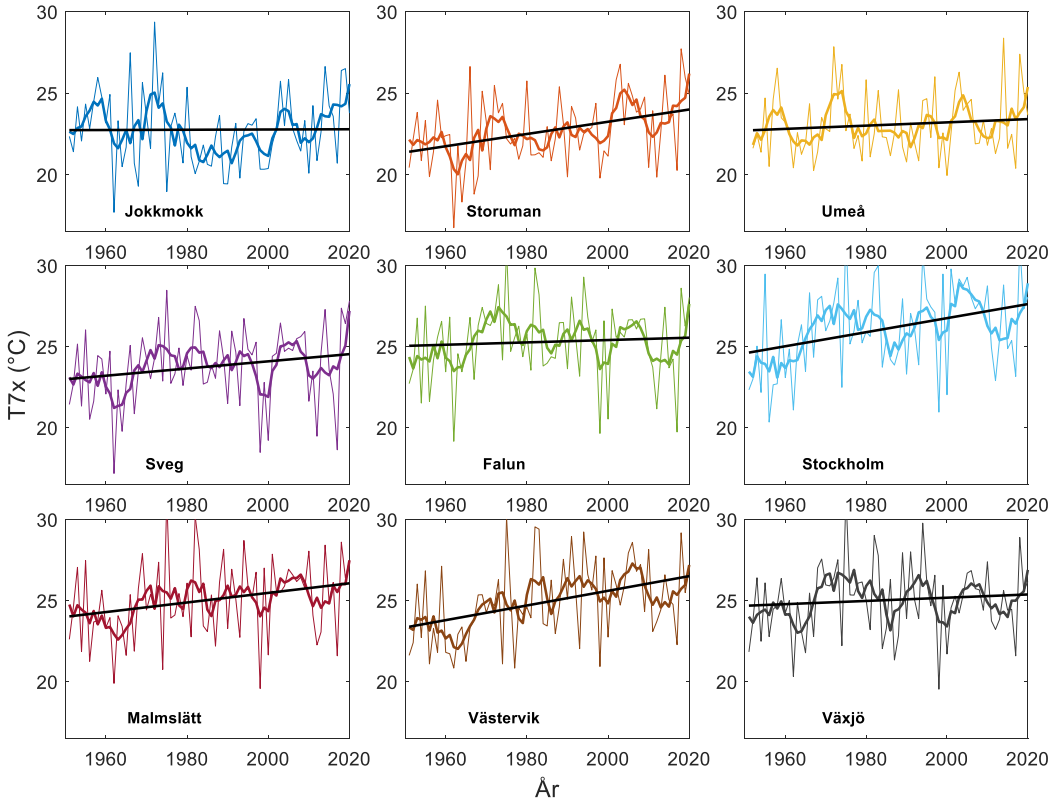


Resultat

Nedan presenteras utvalda säsongskarakteristiska väder- och brandriskindikatorer över perioden 1951-2020. Alla tidsserier för andra indikatorer finns utritade i bilaga 2 och 3. För att analysera trender över tid så anpassar vi data med en rät linje och ser till dess lutning. Naturligtvis är utvecklingen allt annat än linjär, men vi finner inga gemensamma karakteristiska perioder i dataunderlaget som motiverar annat än rätlinjig anpassning (analyserat bland annat via Fouriertransformering).

Vädermönster sedan 1951

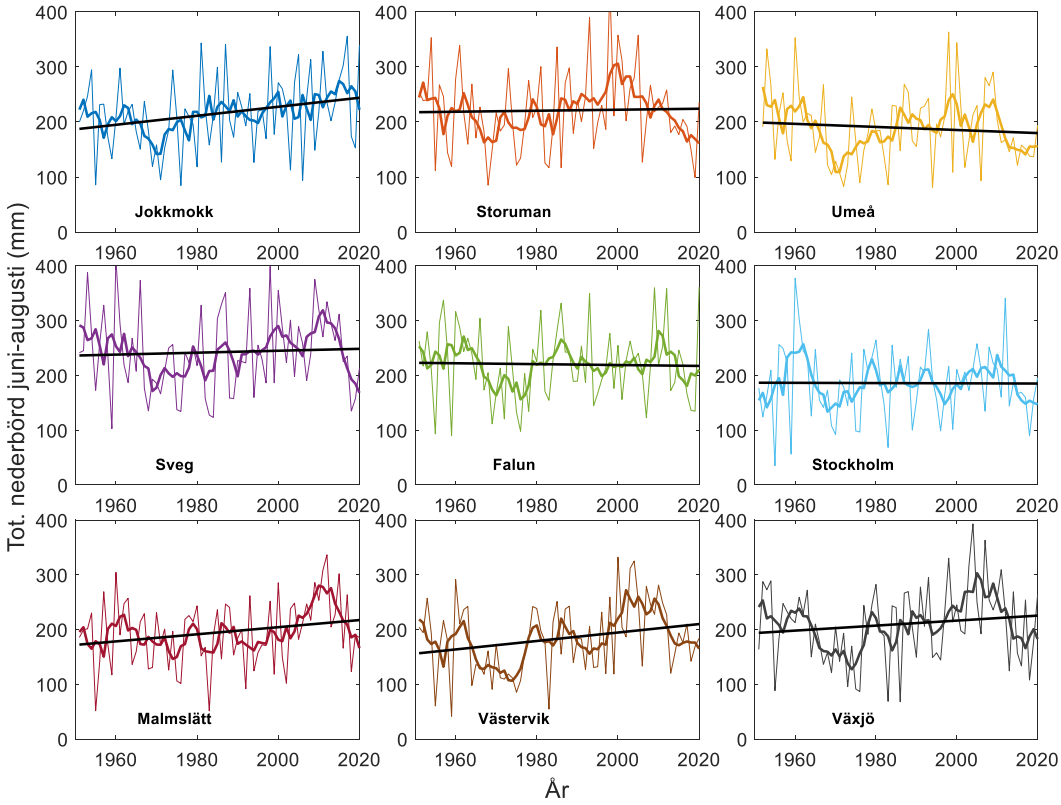
Figur 6. Tidsserier för T7x - säsongens högsta 7-dagars medelvärde av middagstemperaturen (°C). Den tunna linjen sammanbinder värden för enskilda år. Färgad tjockare linje är 5-års glidande medelvärde. Svart linje är linjär anpassning.



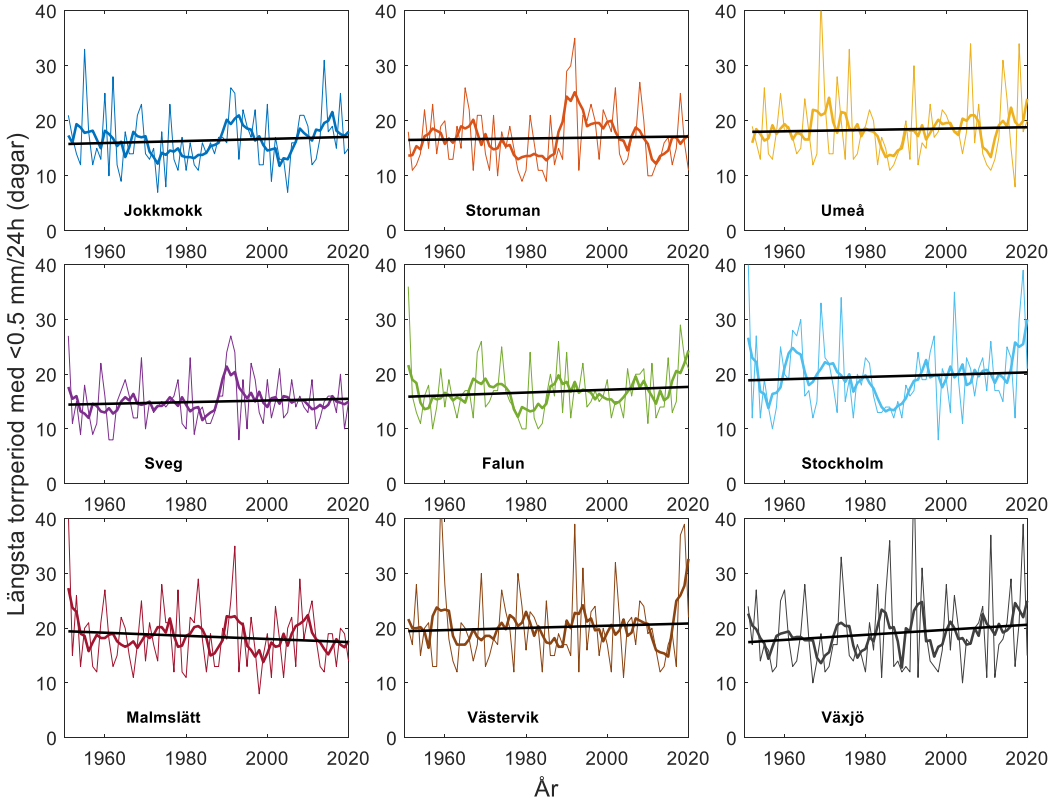
Alla lokaler uppvisar en ökning i sommarens högsta 7-dagars medelvärde av lufttemperaturen mitt på dagen (T7x, **Figur 6**). Ökningen för Jokkmokk är dock marginell. För de sydöstra lokalerna (Stockholm, Malmslätt och Västervik) samt för Storuman är ökningen 2-3 °C över 70-årsperioden (**Tabell 3**) och medelvärdesbildat över lokalerna är ökningen 1.6 °C. Förändringarna i den varmaste middagsperioden följer även förändringarna i medelvärdet av dagstemperaturen över alla sommarmånaderna.

Sommarnederbörden (jja) har ökar markant över 70-årsperioden (>30 mm) för de tre sydligaste lokalerna (Malmslätt, Västervik och Växjö) samt för den nordligaste (Jokkmokk). För övriga lokaler varierar förändringen i nederbörd mindre (**Figur 7**). Medan förändringarna i antalet regndagar under sommaren varierar mellan lokaler så är förändringen i längsta torrperiod i de flesta fall försumbar (**Figur 8**).

Figur 7. Sommarens (juni, juli, augusti) totala nederbörd. Tjock linje: 5-års glidande medel. Svart: linjär anpassning.

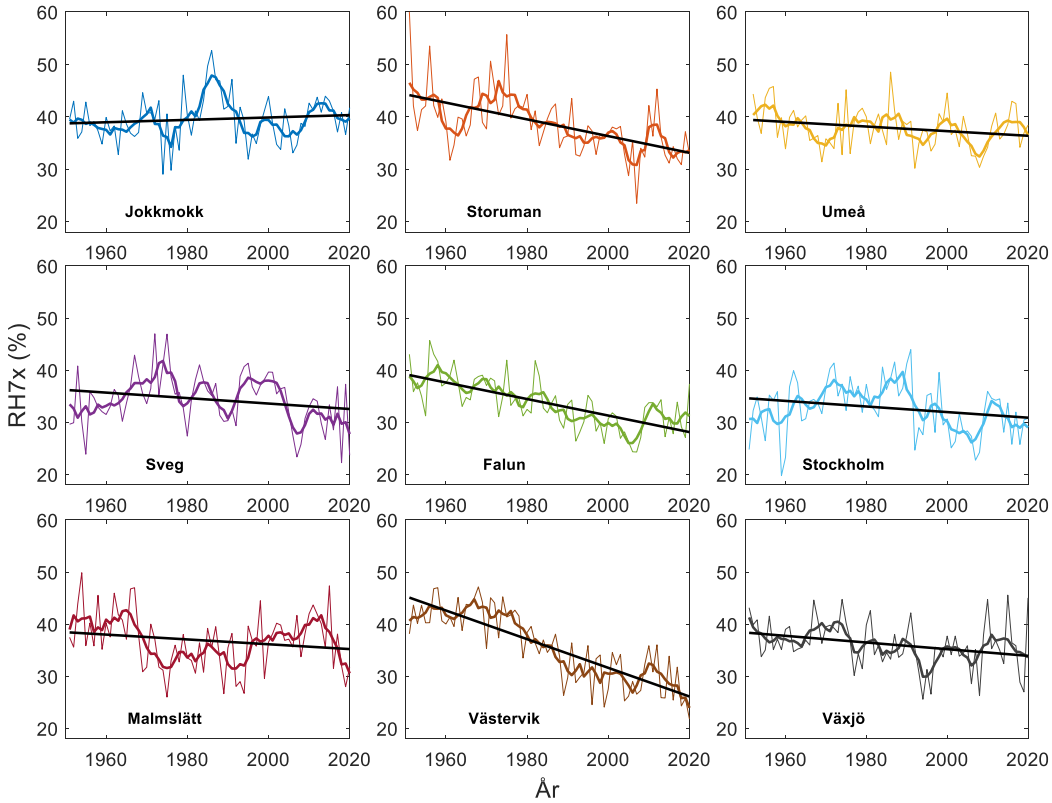


Figur 8. Säsongens längsta period utan nederbörd (maximalt 0.5 mm/dag). Tjock linje: 5-års glidande medel. Svart: linjär anpassning.

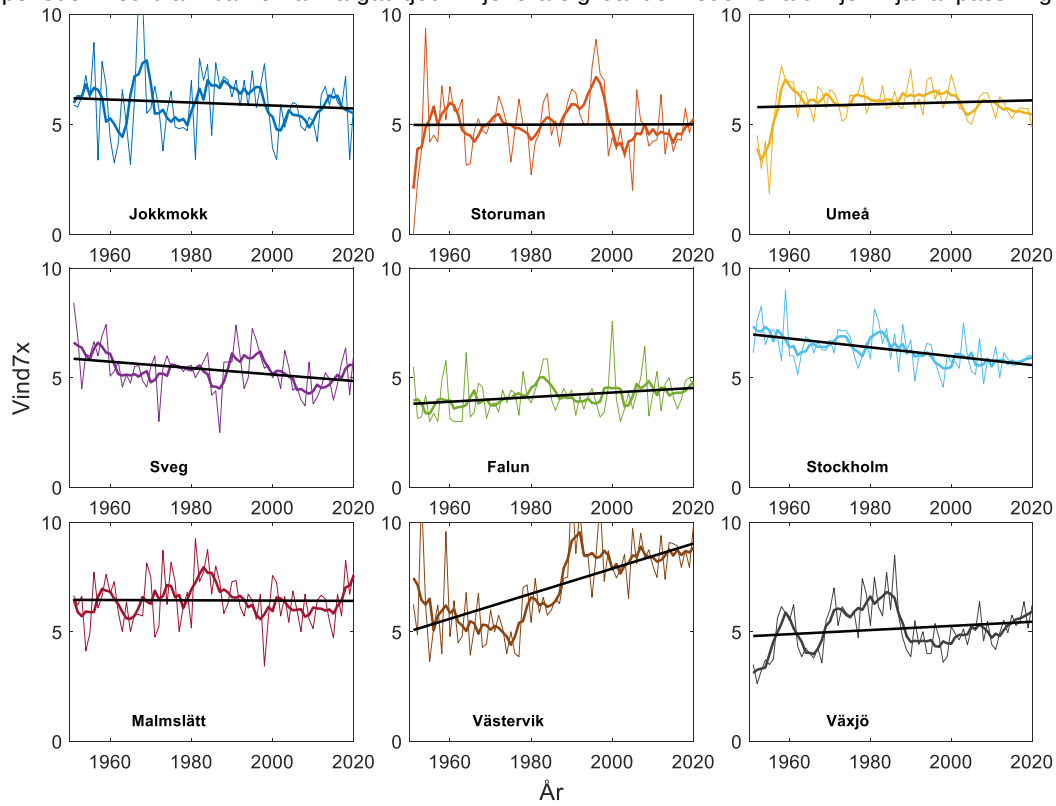


Desto tydligare förändringar noteras i RH7x där alla lokaler utom Jokkmokk uppvisar en minskning av säsongens lägsta 7-dagars medelvärde av middagens RH (**Figur 9**).

Figur 9. RH7x - säsongens lägsta 7-dagars medelvärde av relativ luftfuktighet (12:00 UTC). Färgad tjock linje: 5-års glidande medel. Svart linje: linjär anpassning.



Figur 10. Vind7x - Säsongens högsta 7-dagars medelvärde av vindhastigheten (12:00 UTC) under perioder med brännbar förna. Färgad tjock linje: 5-års glidande medel. Svart linje: linjär anpassning.



Undantaget Västervik och Falun uppvisar de flesta lokaler en minskning eller enbart marginell förändring av vindhastighet under perioder med brännbar förna (**Figur 10**). Störst är minskningen i Sveg och Stockholm med över 1 ms^{-1}. Resultaten sammanfaller med trender för geostrofisk vind (Wern & Bärring 2009) över Sverige där en svag minskning av medelhastigheten observerats för sommaren (juli - augusti) medan ingen märkbar förändring observerats för våren (april – juni).

Tabell 3. Förändring i väderindikatorer mellan 1951 och 2020. Värden i fet stil visar trend mot högre brandrisk.

Lokal	T7x (°C)	RH7x (%)	Vind7x (ms^{-1})	Sommarnederbörd (jja) (mm)	Regndagar (jja) (dagar)	Längsta torrperiod (dagar)
			Linjär förändring mellan 1951 och 2020			
Jokkmokk	**+0.1 °C**	-1.6 %	-0.47 ms^{-1}	+57 mm	+1.7 dagar	**+1.2 dagar**
Storuman	**+2.6 °C**	**-11 %**	**+0.02 ms^{-1}**	+6.3 mm	+1.7 dagar	**+0.3 dagar**
Umeå	**+0.7 °C**	**-3.0 %**	**+0.31 ms^{-1}**	**-19 mm**	**-2.6 dagar**	-1.0 dagar
Sveg	**+1.6 °C**	**-3.7 %**	-1.03 ms^{-1}	+12 mm	+3.5 dagar	-1.2 dagar
Falun	**+0.5 °C**	**-11.1 %**	**+0.73 ms^{-1}**	**-5.7 mm**	**-3.0 dagar**	**+1.9 dagar**
Stockholm	**+3.0 °C**	**-3.8 %**	-1.41 ms^{-1}	**-1.5 mm**	**-5.3 dagar**	-0.5 dagar
Malmslätt	**+2.1 °C**	**-3.2 %**	-0.05 ms^{-1}	+45 mm	+23 dagar	-4.0 dagar
Västervik	**+3.2 °C**	**-19.3 %**	**+4.01 ms^{-1}**	+54 mm	+5.2 dagar	**+0.5 dagar**
Växjö	**+0.7 °C**	**-4.5 %**	**+0.66 ms^{-1}**	+32 mm	+1.3 dagar	**+2.6 dagar**
Medel	**+1.6 °C**	**-6.5 %**	**+0.31 ms^{-1}**	**+20.1 mm**	**+2.8 dagar**	**±0.0 dagar**

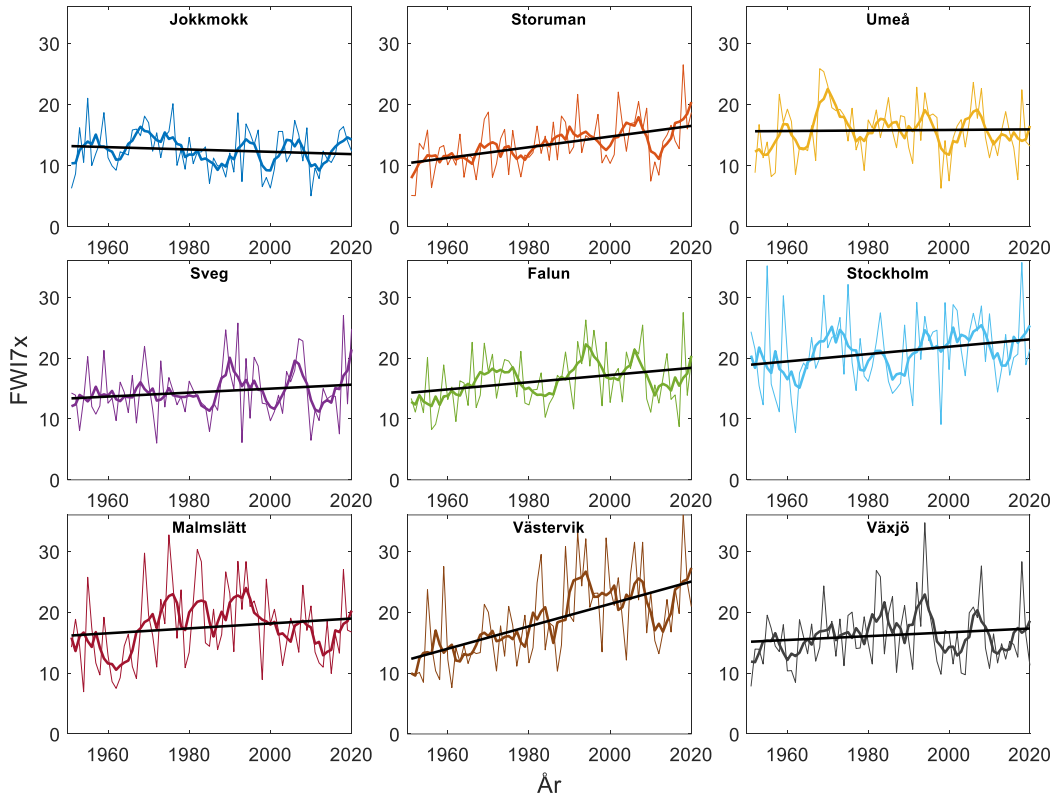
Skogsbrandsrisk sedan 1951

Även om det är viss variation mellan de olika lokalerna så uppvisar alla en utom Jokkmokk en ökning av FWI7x, (säsongens högsta 7-dagars medelvärde för FWI - **Figur 11**). Jokkmokk uppvisar en mycket svag minskning med 1.3 punkter i kodvärde vilket motsvarar en minskning på 11 % (**Tabell 4**). Störst ökning har Västervik (69%) följt av Storuman, Umeå och Stockholm (45, 25 respektive 20 %). I medeltal är ökningen över 70-årsperioden +22 % medan standardavvikelsen mellan åren inom varje tidsserie är 27 – 37 %.

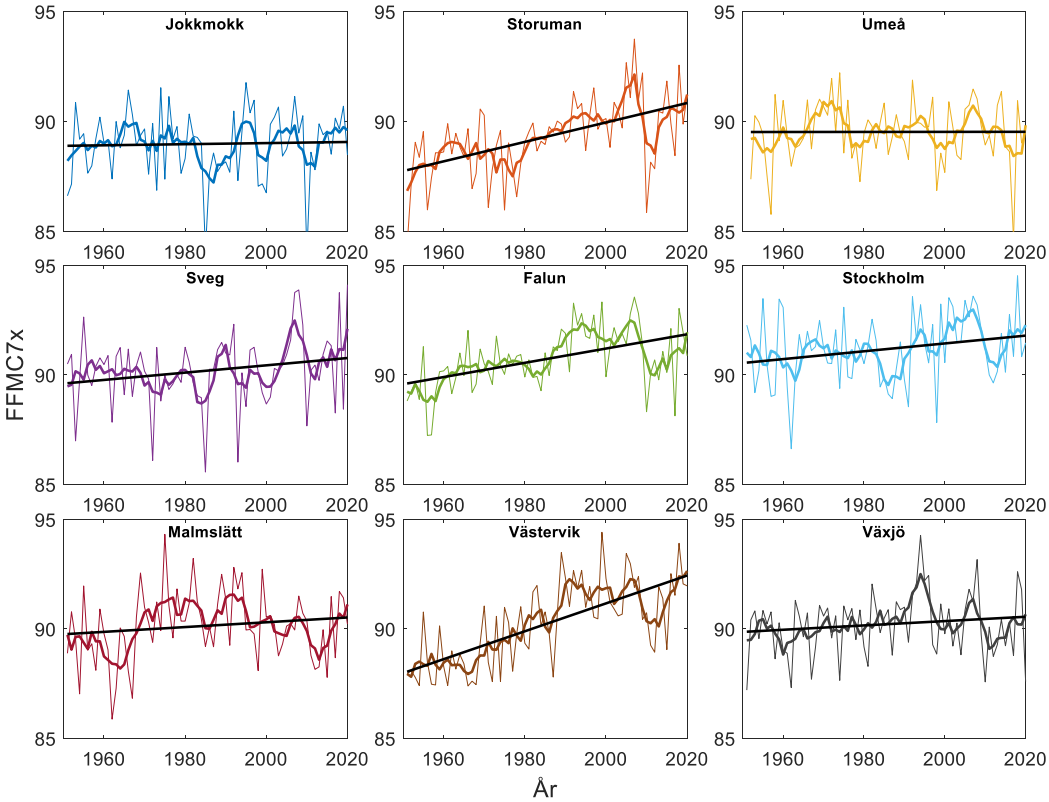
De flesta lokaler uppvisar några tydliga toppår och ett av dessa är 2018, vilket ofta beskrivs som ett extremt år. I medeltal (per lokal) är det 2.3 säsonger under 70-årsperioden där FWI7x överstiger 2018 års värde och 5.2 säsonger som överstiger 95 % av 2018 års värde. På så sätt skulle återkomstintervallet för minst 95 % av 2018 års nivå vara 13 år.

FFMC7x, som speglar torraste veckan för finbränslet, ökar för alla lokaler (**Figur 12**), om än marginellt för vissa. I synnerhet Storuman, Falun och Västervik uppvisar ökningar på över 2.5 %. För FFMC är en punkts ökning i kodindex betydande vid värden kring 90. Jokkmokk och Umeå uppvisar försumbara förändringar.

Figur 11. FWI7x - Säsongens maximala 7-dagars medelvärde av FWI. Färgad tjock linje: 5-års glidande medel. Svart linje: linjär anpassning.

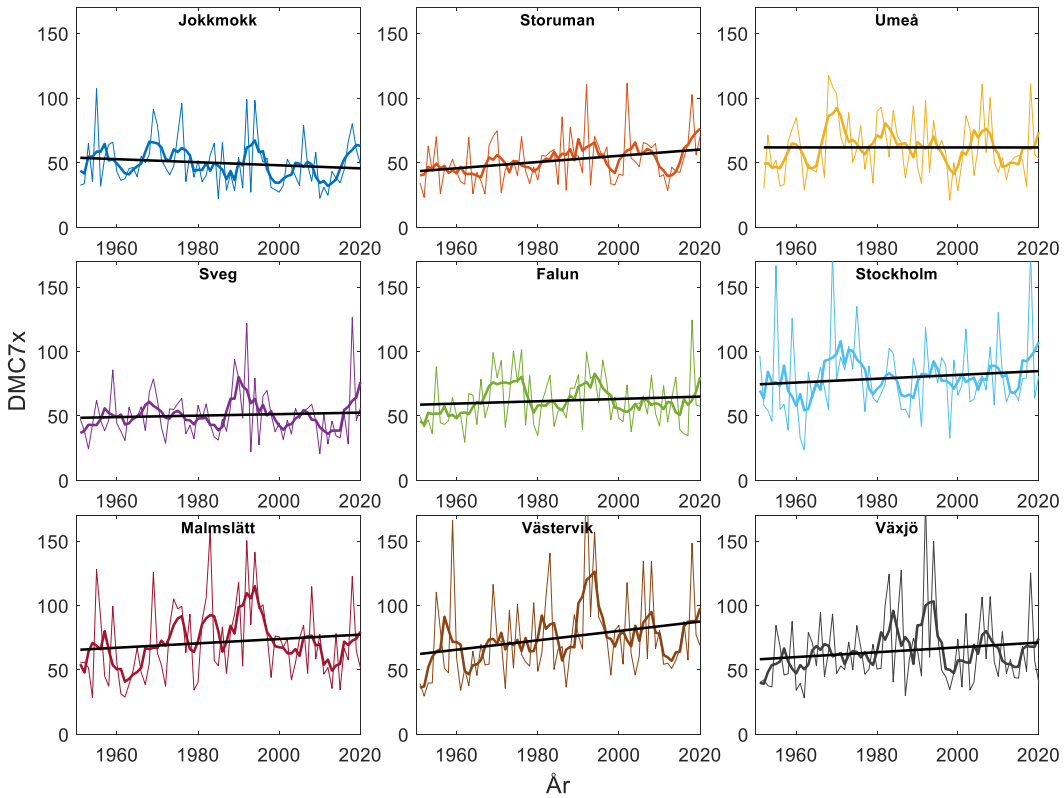


Figur 12. FFMC7x - Säsongens maximala 7-dagars medelvärde av FFMC. Färgad tjock linje: 5-års glidande medel. Svart linje: linjär anpassning.



DMC7x ökar också överallt förutom i Jokkmokk (**Figur 13**). Ökningen är i medeltal 8.9 punkter i kodvärde vilket motsvarar 13 % av medelvärdet eller mer än 10 procentenheter lägre fuktkvot i förnan.

Figur 13. DMC7x - Säsongens maximala 7-dagars medelvärde av DMC. Färgad tjock linje: 5-års glidande medel. Svart linje: linjär anpassning.



Det brandindex som uppvisar högst relativ ökning är DSR7x. Eftersom DSR är direkt kopplat till $FWI^{1.77}$ så är det oundvikligt att DSR ökar mer än FWI, relativt sett. DSR7x ökar dessutom mer än SSR, som kan tolkas som ett medelvärde av hela säsongens DSR (**Tabell 4**). Alltså ser vi tydligare ökningar av säsongens högsta värden, och inte en lika stor ökning i index för varje dag. Det är också tydligt att antalet dagar med FWI ≥ 20 ökar för alla lokaler (utom Jokkmokk) medan antalet dagar med låg brandrisk (FWI ≤ 11) inte minskar entydigt för de olika lokalerna (sista figuren i bilaga 2).

Tabell 4. Förändring i brandriskindex mellan 1951 och 2020. Säsongens högsta 7-dagars medelvärde av riskindex samt SSR (säsongens svårighetsgrad under juni-augusti).

Lokal	FWI7x	ISI7x	BUI7x	FFMC7x	DMC7x	DC7x	DSR7x	SSR
				Linjär procentuell förändring mellan 1951 och 2020 (%)				
Jokkmokk	-11	**+4.1**	-19	**+0.2**	-17	-9.9	-20	-44
Storuman	**+45**	**+40**	**+27**	**+3.5**	**+33**	**+9.1**	**+77**	**+75**
Umeå	**+1.9**	**+5.0**	**+2.2**	±0.0	±0	**+8.4**	**+2.4**	-9.7
Sveg	**+16**	**+14**	**+10**	**+1.3**	**+8.0**	**+3.3**	**+35**	**+15**
Falun	**+25**	**+36**	-1.0	**+2.5**	**+10**	**+6.5**	**+45**	**+38**
Stockholm	**+20**	**+9.2**	**+12**	**+1.4**	**+13**	**+9.8**	**+29**	**+5.7**
Malmslätt	**+16**	**+6.9**	**+14**	**+0.9**	**+17**	**+2.0**	**+20**	**+2.8**
Västervik	**+69**	**+77**	**+20**	**+4.9**	**+34**	-6.3	**+112**	**+92**
Växjö	**+14**	**+17**	**+16**	**+0.8**	**+20**	**+6.0**	**+28**	**+30**
Medel	**+21.8**	**+23.3**	**+9.2**	**+1.7**	**+13.2**	**+3.2**	**+36.4**	**+22.7**

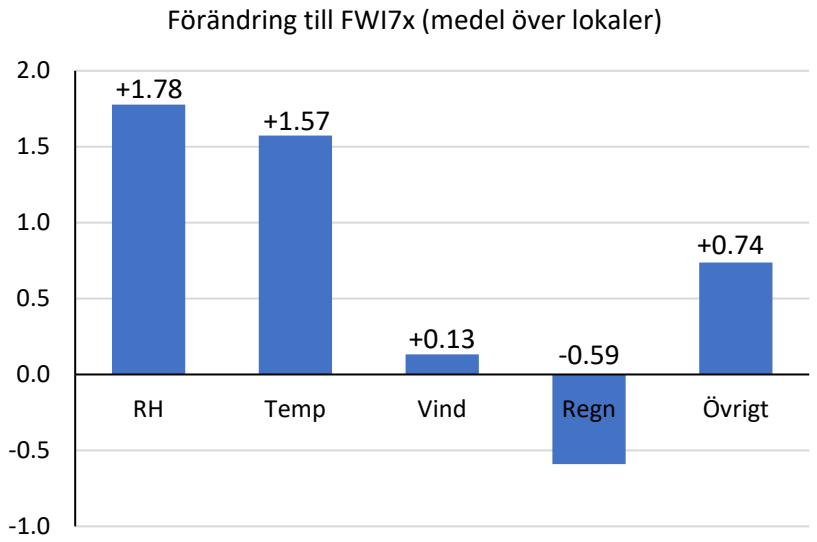
Vad bidrar till en högre brandrisk?

Medan trenderna ovan beskriver säsongens högsta 7-dagars medelvärde för varje individuell indikator så har vi här analyserat vilka väder- och brandindex som kollektivt bidragit till säsongens högsta 7-dagars medel i FWI. Genom att iterativt modellera trenderna i underindex faller deras individuella bidrag ut. Bidragen från alla underindex beskrivs i Bilaga 2 (sida 57). För FWI-ökningen uppdelat på ISI och BUI förklarar dessa underindex förändringen till över 90 %. Storuman, Falun och Västervik uppvisar alla en stor ökning i FWI7x och den är till största del orsakad av högt ISI-värde. För Falun bidrar faktiskt BUI negativt till FWI-trenden och det minskande BUI tillskrivs i sin tur ett lägre DC som inte kan kompenseras av ett svagt stigande DMC. Det är också minskande BUI som dominerar Jokkmokks minskning av FWI7x. Malmslätt och Stockholm uppvisar däremot en ökning i FWI7x som mer drivs av en ökning i BUI än ISI. Av fuktkoderna (FFMC, DMC, DC) är det förändringarna i FFMC som påverkar mest av alla fuktkoder för alla lokaler utom Jokkmokk och Växjö. Medelvärdesbildat över alla lokaler ligger FFMC bakom över 70 % av all förändring i FWI7x.

Vad gäller inverkan av specifika väderparametrar så kontrolleras ökningen i Storuman, Falun och Västervik mestadels av en lägre luftfuktighet under tiden då sommarens högsta brandrisk råder, följt av varmare temperaturer för dessa lokaler. För Sveg och Stockholm bidrar ökad temperatur något mer än minskad RH till FWI7x-förändringen. Umeå uppvisar endast en liten FWI7x-trend medan Malmslätt och Växjö har ganska stor osäkerhet i tilldelningen av förändringsfaktorer (**Tabell 5**). Som ett medelvärde över alla lokaler så är det luftfuktigheten som är den väderparameter som bidrar mest till den generella ökningen i brandrisk, tätt följd av temperaturen på dagen. Vindförändringar har i allmänhet liten påverkan på brandriskens trender (**Figur 14**).

Minskningen som Jokkmokk uppvisar hänförs med stor säkerhet till minskade DMC och DC-värden som i sin tur beror på ökad nederbörd. Alla andra lokaler uppvisar också en negativ förändringen av FWI7x med hänsyn till regnet men det kompenseras på de flesta platser av minskad luftfuktighet och ökad temperatur.

Figur 14. Förändringen i FWI7x (medelvärdesbildat över alla lokaler) uppdelat på faktorer från olika väderparametrar. Övrigt är förändringen som inte förklaras med väderparametrarna (se bilaga 2).



Tabell 5. Förändring av FWI7x uppdelat på väderindikatorer. Värden inom parentes indikerar förändringen över 70-årsperioden av väderparametern utvärderad för varje säsong under veckan då FWI7x inträffar.

Lokal	ΔFWI7x	Väder-parameter	Förändringseffekt på FWI7x	Förändringstillskrivning (%)
Jokkmokk	-1.22	RH (+1.6 %)	-0.19	9%
		Temp (+1.4 °C)	+0.45	21%
		Vind (+0.06 ms^{-1})	+0.03	1%
		Regn (+32 mm)	-0.75	34 %
		Övrigt	-0.76	35%
Storuman	+6.20	RH (-11 %)	+3.5	45%
		Temp (+5.6 °C)	+2.9	38%
		Vind (-1.3 ms^{-1})	-0.5	6%
		Regn (+14 mm)	-0.2	3%
		Övrigt	+0.5	7%
Umeå	+0.24	RH (+1.3 %)	+0.01	1%
		Temp (+0.5 °C)	+0.29	36%
		Vind (+0.4 ms^{-1})	+0.23	28%
		Regn (+24 mm)	-0.18	22%
		Övrigt	-0.11	13%
Sveg	+2.22	RH (-4.0 %)	+1.3	26%
		Temp (+3.9 °C)	+2.3	46%
		Vind (-1.5 ms^{-1})	-0.7	13%
		Regn (+17 mm)	-0.2	5%
		Övrigt	-0.5	10%
Falun	+4.06	RH (-9.4 %)	+3.7	70%
		Temp (+1.3 °C)	+0.6	12%
		Vind (+0.7 ms^{-1})	+0.4	7%
		Regn (+34 mm)	±0.0	±0%
		Övrigt	-0.6	12%
Stockholm	+3.81	RH (-1.3%)	+0.6	7%
		Temp (+3.8°C)	+2.9	37%
		Vind (-1.0 ms^{-1})	-0.6	7%
		Regn (+69 mm)	-1.5	18%
		Övrigt	+2.4	30%
Malmslätt	+2.65	RH (-0.1 %)	+0.1	1%
		Temp (+3.6 °C)	+1.6	28%
		Vind (-0.3 ms^{-1})	-0.2	3%
		Regn (+94 mm)	-1.4	25%
		Övrigt	+2.55	44%
Västervik	+12.69	RH (-16 %)	+7.0	50%
		Temp (+4.1 °C)	+2.5	18%
		Vind (+3.2 ms^{-1})	+1.9	13%
		Regn (+57 mm)	-0.7	5%
		Övrigt	-1.9	14%
Växjö	+2.05	RH (+0.7 %)	-0.1	2%
		Temp (-0.1 °C)	+0.4	16%
		Vind (+1.4 ms^{-1})	+0.8	32%
		Regn (+11 mm)	-0.2	8%
		Övrigt	+1.1	42%
Medel	**+3.63**	**RH (-4.3 %)**	**1.78**	**37%**
		Temp (+2.7 °C)	**1.57**	**33%**
		Vind (+0.2 ms^{-1})	**0.13**	**3%**
		Regn (+39 mm)	**-0.59**	**12%**
		Övrigt	**0.74**	**15%**

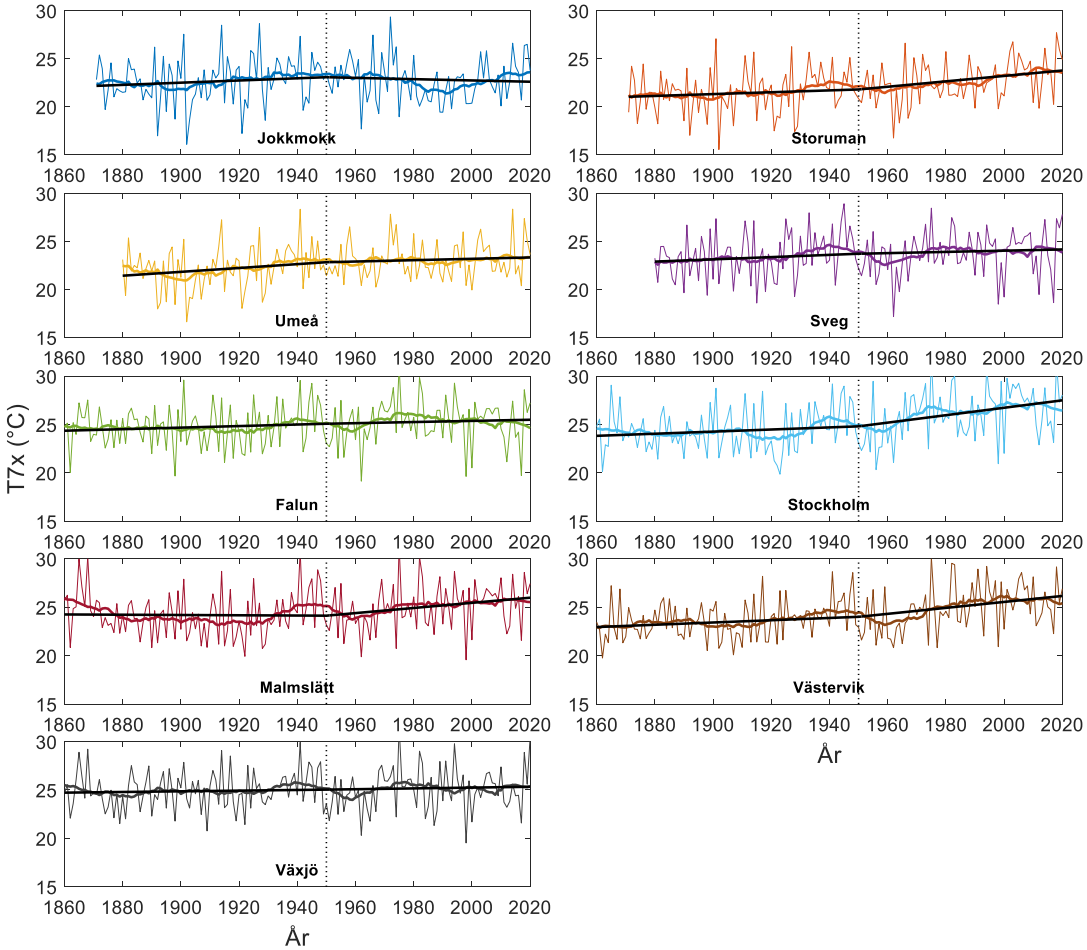
Skogsbrandsrisk sedan 1860-talet

Med den metod vi beskriver på sidan 14 kan skogsbrandsrisken baserat på DMC, DC samt BUI beräknas ända från 1860 för de flesta lokaler. Eftersom FWI7x och DMC7x korrelerar mycket bra kommer även dessa serier spegla brandrisken under säsongen, även om den exakta utvecklingen dag för dag kan ha högre osäkerhet.

En annan positiv effekt med längre tidsserier är att trenderna blir säkrare belagda. Då vi anpassar dataserier över 70-årsperioden 1951-2020 med linjära funktioner kommer deras lutning att påverkas mycket av åren precis i början och i slutet av perioden. Däremellan måste anpassningen hålla sig nära medelvärdet. Med mer data längre tillbaka i tiden kan vi tvinga anpassningen att vara kontinuerlig, med startpunkt i den tidigare nivån. Vi anpassar därför alla väderparametrar och brandriskindex med en bi-linjär funktion med brytpunkt vid 1950. Data från tiden före 1950 anpassas alltså med en lutning och data för tiden efter med en annan. Linjerna måste dock mötas vid 1950 och inte uppvisa diskontinuitet. Anledningen till att just 1950 valdes är som brytpunkt till trenderna är att det både utgör början på en stigande trend i månatliga DC-värden över den euroasiatiska taigan (Giradin *et al.* 2009) och att den senare perioden då kan jämföras med de linjära anpassningarna från de mer kompletta dataunderlagen.

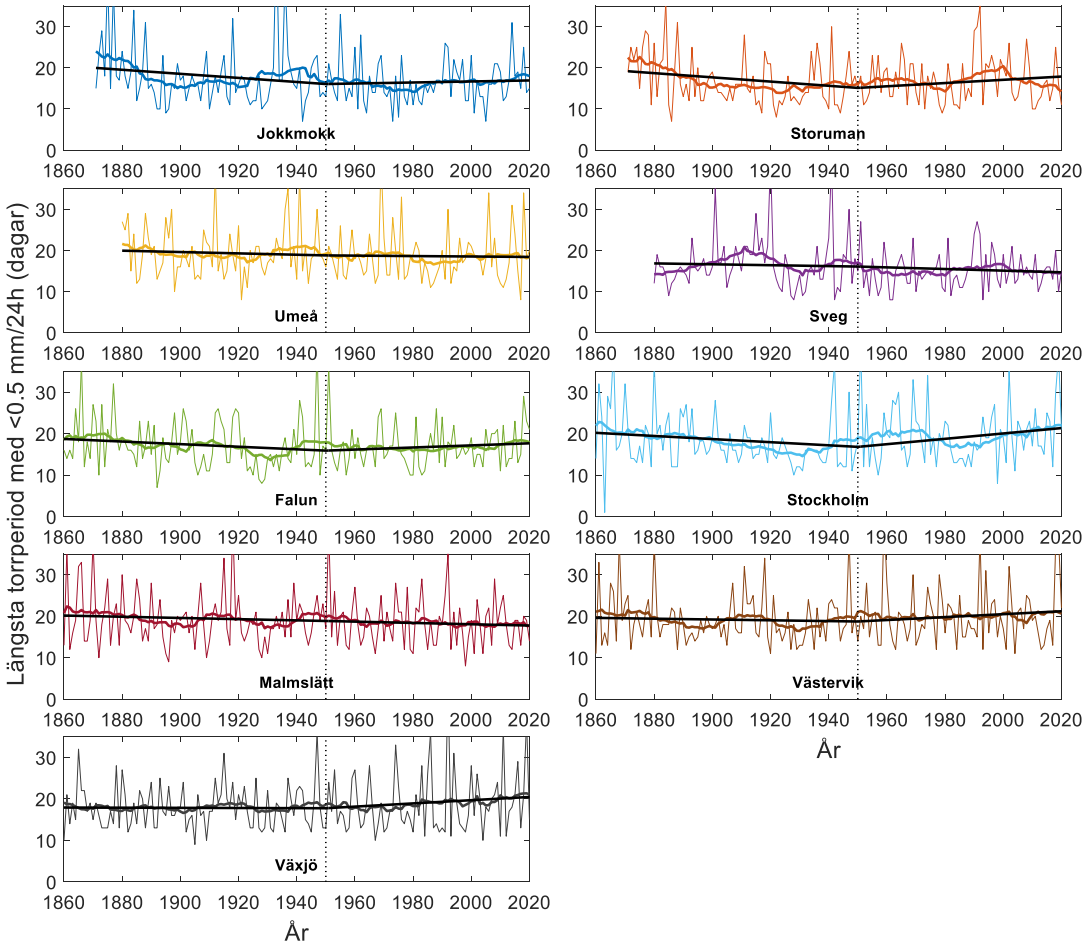
Temperatur och torka

Figur 15. Säsongens högsta 7-dagars medelvärde av middagstemperaturen. Färgad tjock linje: 5-års glidande medel. Svart linje: bi-linjär anpassning (streckad linje: brytpunkt - 1950).



Lutningen av den linjära anpassningen av T7x efter 1950 är för alla lokaler något flackare då vi nu även tar hänsyn till trenden från perioden innan 1950 jämfört med den rena linjära anpassningen från 1951-2020 (jämför **Tabell 3** och **Tabell 6**). Notera att data över T7x är identisk för de båda tidsserierna för åren efter 1950. Vi ser också att för de sydöstra lokalerna samt för Storuman är ökningen i T7x störst under den senare perioden medan Jokkmokk, Umeå, Sveg och Falun uppvisar en lägre ökning av säsongens högsta lufttemperaturen mitt på dagen efter 1950 än vad de uppvisar innan 1950 (**Figur 16**).

Figur 16. Säsongens längsta nederbördsfria period. Färgad tjock linje: 5-års glidande medel. Svart linje: bi-linjär anpassning (streckad linje: brytpunkt - 1950).



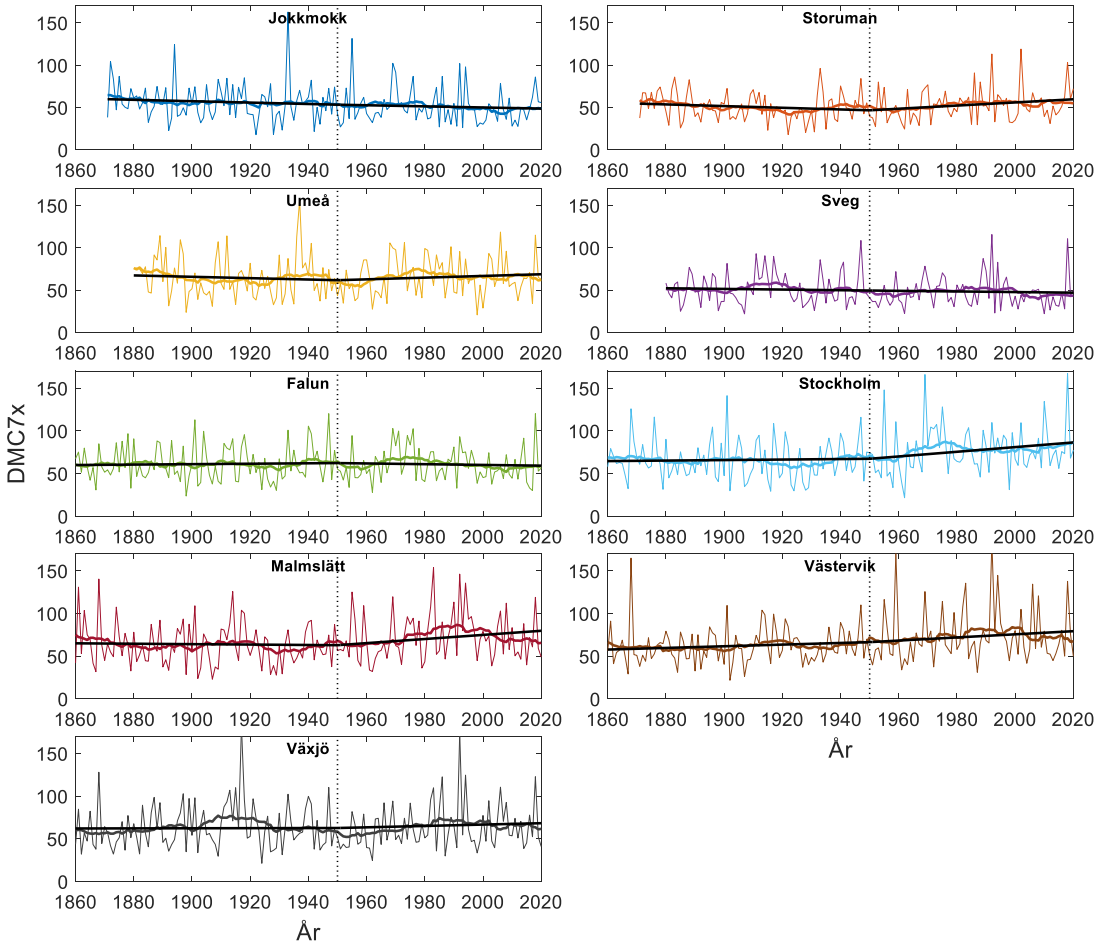
Antalet regndagar per säsong ökar generellt sedan 1860 men ökningen är för de flesta lokaler större för den tidigare perioden (före 1950) än för den senare (**Tabell 6** och figur i Bilaga 3). Enbart Malmslätt uppvisar en större ökning i antalet regndagar i den senare perioden än i den tidigare. Detta speglas även i tidsserien för säsongens längsta torrperiod (**Figur 16**)

Tabell 6. Förändring av väderparametrar under en 70-årsperiod före och efter 1950, bestämd av lutningen i bi-linjära anpassningar i figur 16-17.

Lokal	T_{medel} (°C)		T7x (°C)		Regndagar		Sommar-nederbörd (mm)		Längsta torrperiod (dagar)	
	Förändring över 70 år									
	<1950	>1950	<1950	>1950	<1950	>1950	<1950	>1950	<1950	>1950
Jokkmokk	**+0.5**	±0.0	**+0.8**	-0.5	+9.7	+1.5	+26	+39	-4.3	**+2.0**
Storuman	**+0.2**	**+1.6**	**+0.7**	**+2.0**	+12	**-4.7**	+41	+6.1	-5.0	**+3.1**
Umeå	**+0.8**	**+0.6**	**+1.4**	**+0.5**	+3.9	+0.6	+23	+2.4	-1.6	-0.9
Sveg	**+0.2**	**+0.4**	**+0.8**	**+0.4**	+12	+6.0	+41	+12	-2.2	-2.5
Falun	**+0.1**	**+0.4**	**+0.6**	**+0.4**	+6.1	**-2.3**	+9.3	**-0.3**	-2.4	**+0.9**
Stockholm	**+0.5**	**+2.1**	**+0.8**	**+2.7**	+3.9	**-6.3**	+27	**-13**	-1.2	**+2.8**
Malmslätt	-0.3	**+1.8**	-0.1	**+1.9**	+5.3	+18	**-4.7**	+32	**+0.3**	-2.1
Västervik	**+0.3**	**+1.9**	**+0.8**	**+2.2**	+4.7	+4.6	**-11**	+42	-2.3	**+0.9**
Växjö	±0.0	**+0.4**	**+0.2**	**+0.3**	+6.8	**-2.1**	+15	+6.2	-1.5	**+2.5**
Medel	**+0.26**	**+1.0**	**+0.67**	**+1.1**	**+7.1**	**+1.7**	**+18.6**	**+14.1**	**-2.2**	**+0.8**

DMC serier

Figur 17. DMC7x - Säsongens högsta 7-dagars medelvärde av DMC. Färgad tjock linje 5-års glidande medelvärde. Heldragen svart linje: bi-linjär anpassning (streckad linje: brytpunkt - 1950).



Utvecklingen av DMC7x sedan 1800-talet visar även den att de sydöstra lokalerna tillsammans med Storuman och Umeå har en ökning av brandrisken efter brytpunkten 1950 (**Figur 17**, **Tabell 7**). En analys av toppåren visar att DMC7x motsvarande 2018 års nivå eller mer återkommer i medeltal vart 34-42 år, beroende om Jokkmokk beaktas i analysen eller ej.

Vad gäller BUI visar att alla lokaler utom Jokkmokk och Falun en kraftigare ökning (eller mildare minskning) efter 1950 jämfört med perioden innan. Dessutom hade alla lokaler utom Västervik en negativ trend för perioden före 1950, medan sex av nio lokaler uppvisar en positiv trend för tiden efter 1950 (**Tabell 7**).

Tabell 7. Procentuell förändring av väderparametrar före och efter 1950, bestämd av lutningen i bilinjära anpassningar i Figur 15 och Bilaga 3.

Lokal	DMC7x		DC7x		BUI7	
	Linjär procentuell förändring över 70 år (%)					
	<1950	**>1950**	**<1950**	**>1950**	**<1950**	**>1950**
Jokkmokk	-10 %	-9.0 %	-3.1 %	-8.0 %	-7.6 %	-16 %
Storuman	-14 %	**+24 %**	-12 %	**+4.6 %**	-17 %	**+21 %**
Umeå	-8.7 %	**+11 %**	**+0.4 %**	**+3.3 %**	-7.7 %	**+8.5 %**
Sveg	-5.3 %	-5.2 %	-11 %	**+1.3 %**	-9.8 %	-1.9 %
Falun	**+2.9 %**	-5.0 %	-5.3 %	**+3.5 %**	-0.4 %	-8.5 %
Stockholm	**+3.2 %**	**+25 %**	-10 %	**+17 %**	-0.3 %	**+21 %**
Malmslätt	-2.7 %	**+24 %**	-3.7 %	**+8.7 %**	-5.1 %	**+24 %**
Västervik	**+11 %**	**+18 %**	**+4.6 %**	-5.0 %	**+6.3 %**	**+8.4 %**
Växjö	**+0.7 %**	**+8.6 %**	-4.0 %	**+3.2 %**	-5.5 %	**+11 %**
Medel	**-2.6 %**	**+10.1 %**	**-4.9 %**	**+3.2 %**	**-5.2 %**	**+7.5 %**

Diskussion

Även om vi utgår från att väderobservationer är korrekt avlästa så finns det vissa potentiella felkällor i rådatamaterialet. De parametrarna med högst osäkerhet är luftfuktighet och vindhastighet. För luftfuktighet mätt med psykrometer så kan exempelvis en alltför snabb avläsning efter fuktning av strumpan ge stora fel och för en hårhygrometer kan håret påverkas av föroreningar. Vindhastigheten är i sig ganska lätt att mäta men längre serier blir påverkade av eventuella förändringar i omgivningen. Träd i närheten som växer sig större eller uppförande av byggnader kan påverka vindbeteendet vid mätstationen. Data som publiceras av SMHI kvalitetsgranskas dock innan den görs tillgänglig för allmänheten. Västervik är den enda stationen där även vind bidrar tydligt till ökningen av FWI7x. Vi ser också hur vindhastigheten för Västervik uppvisar två distinkta ökningar mellan två varandra följande år (**Figur 10**). Ökningarna sker 1978 och 1990 men de åren sammanfaller inte med byte av observationsplats eller glapp i rådata.

Analysen och det data som beskrivs i denna rapport är på flera sätt unika. Vi har inte sett så långa serier av skogsbrandsrisk beräknade med daglig upplösning av observerade väderparametrar för någon plats förut. Tidigare har en långtidsanalys (1908-2011) publicerats över brandrisk beräknad med den nationella finska metoden baserad på meteorologiska observationer, men där utgick man bara från månadsmedelvärden av temperatur och nederbörd (Mäkelä *et al.* 2012). Likaså har månadsmedelvärden på DC för Kanada över perioden 1901-2002 lyckats förklara en stor del av variationen i bränd areal skogsmark (Girardin & Wotton 2009). Månadsmedel säger dock lite om hur det faktiska brandvädret varit. De få långtidsanalyser av daglig brandrisk som publicerats har vanligen använt omanalyserad väderdata. Den senaste produkten (ERA5) sträcker sig tillbaka till 1940-talets början (Copernicus 2023). Fördelarna med omanalyserad data är att det går att analysera ett större område och på så sätt minska lokal variation. Men en jämförelse av brandrisk beräknad på observationer från en specifik lokal respektive på omanalyserad data från samma plats (Sjöström & Granström 2020), visar att omanalyserad data tenderar att undervärdera de högsta topparna och övervärdera de lägsta perioderna av brandrisk. Detta är, åtminstone delvis, en följd av att omanalyserad data är interpolerad och medelvärdesbildad över rutor (grid) som är över 6 km^2 stora. Lokala sommarskurar och varierande temperaturer och luftfuktighet smetas därför ut, vilket resulterar i att extremvärden inte plockas upp lika bra som i en punktmätning. Därmed kan trender förstärkas, men på bekostnad av den faktiska spridningen mellan åren och under säsongen. Dataunderlaget ger alltså utrymme för fler analyser av faktiska fördelningar av brandrisk och noggrannare studier i variation.

Med tanke på att snösmältningen sker allt tidigare, framför allt i södra delen av landet (Wern 2015), är det lätt att dra slutsatsen att brandsäsongen blir längre och därmed tuffare. Det är dock inte en förlängning av tiden med måttlig brandrisk som utgör problemet i Sverige, där de flesta bränder kan nås med släckresurser inom en timme. Det är istället episoder med extrema nivåer, här karakteriserade med säsongens FWI7x, som riskerar att leda till verkliga problem. Vi fann för övrigt inte heller att en tidigare start av modellen ger märkbart ökade DC- eller DMC-värden under sommaren, och därmed inte heller att tiden för säsongsstart påverkar säsongens FWI7x.

Lokalerna uppvisar sammantaget en ökning av T7x (varje säsongs högsta 7-dagars medelvärde av temperaturen mitt på dagen) med +1.5 °C mellan 1951 och 2020. Denna ökning är samstämmig med hur mycket det nationella medelvärdet av sommarens

dygnsmedeltemperatur ökat under samma tid (Schimanke *et al.* 2022). Nederbörden under sommaren har ökat för de flesta lokaler, i medel med 18 mm för juni-augusti. Denna ökning motsvarar 9 % vilket är mindre än årsnederbördens ökning, som över hela landet ökat med 18 % under samma period. Nederbördsökningen är alltså större för vintermånaderna då det ändå inte råder någon nämnvärd brandrisk. De linjära ökningarna av både middagstemperatur och sommarnederbörd mellan 1951 och 2020 är bara 2/3 så stora om man även tar hänsyn till att trenden ska vara kontinuerlig med avseende på utvecklingen innan 1951 (jämför **Tabell 3** och **Tabell 6**). Anledningen är att lutningen av en linjär anpassningen i större grad tar hänsyn till värden i början och i slutet på serien. Trenderna från de två olika analyserna förändrar dock inte slutsatserna för vardera lokalen.

Antalet regndagar under sommarmånaderna varierar i likhet med sommarens totala nederbörd och har i medeltal ökat med 1.7 dagar sedan 1951. Värt att notera är att för åtta av nio lokaler är ökningen av regndagarna större under den tidigare perioden (1860-1950) jämfört med den senare (1951-2020). För brandrisk är långa torrperioder mer avgörande och samma trend går att skönja där. Under den tidigare perioden minskade torrperiodernas längd medan de ökade efter 1951, om än med större spridning mellan lokaler. Alla lokaler utom Falun uppvisade också en förändring mot större ökning i DMC7x under perioden efter 1951 än under perioden innan. Även om förändringarna i DMC7x inte var lika tydliga som de var för FWI7x ser vi alltså att även risken beskriven av DMC uppvisade en snabbare ökning under senare år.

En mycket tydlig trend bland väderparametrarna är att RH7x i medeltal minskat med 6.4 procentenheter mellan 1951 och 2020, sett över alla lokaler. Förändringen är signifikant vid 90 % konfidensnivå för alla lokaler utom Malmslätt. Detta skiljer sig från analyser över månadsmedelvärden för hela dagens (klockan 6, 12 och 18 UTC) relativa luftfuktighet (Wern, 2013), vilka för landet som helhet inte uppvisar någon direkt trend över perioden 1951-2020 för sommarmånaderna. Perioden uppvisar alltså en tydlig minskning av luftfuktighetens säsongsextremer jämfört med dess medelvärde, vilket kan tänkas bero på att en större variation under säsong och dygn.

Även om flera lokaler uppvisar liknande trender för de flesta parametrar så finns det också skillnader mellan dem. Alla lokaler uppvisar en positiv trend i T7x även den för Jokkmokks är marginell. Vindförändringarna vid brännbara förhållanden (dvs DMC>20, FFMC>85) uppvisar mestadels signifikanta förändringar, men dessa är positiva för vissa lokaler och negativa för andra. Ofta inträffar de höga värdena under korta, torra och blåsiga perioder under våren för södra Sverige, perioder som också är typiska för många snabba brandförlopp.

Medan förändringar i väderindikatorer varierar mellan lokaler är de mer samstämmiga för de beräknade brandriskindexen. Säsongsindikatorerna FWI7x, DMC7x och FFMC7x visar positiva trender för alla lokaler utom Jokkmokk, även om styrkan varierar. ISI7x ökar genomgående, främst drivet av lägre relativ luftfuktighet och högre dagstemperaturer, och anledningen till att FWI7x minskar för Jokkmokk är alltså lägre DMC- och DC-värden, drivet av ökad nederbörd. Denna trend är också något som är ihållande sedan 1800-talet, där de flesta lokaler tenderar att kompensera ökningen av nederbörd med upptorkningen genom varmare och torrare luft är så ännu inte fallet för Jokkmokk.

Den relativa luftfuktigheten under 7-dagarsperioden då FWI är som högst bidrar mest till ökningen i FWI7x sedan 1951, tätt följd av lufttemperaturen. Relativ luftfuktighet är en komplex väderindikator som sällan berörs i generella diskussioner om klimatförändringarna, men som har mycket stor betydelse för brandrisken. Den absoluta

luftfuktigheten varierar endast måttligt under en dygnsperiod och utvecklingen under ett dygn beror mest på hur temperaturen varierar. Sedan 1951 har den absoluta luftfuktigheten i Sverige ökat med ungefär 10 % i medeltal (Wern, 2013). Denna ökning kompenseras alltså mer än väl av ökningen i temperaturen. Om vi enbart ser till säsongernas mest kritiska perioder (då FWI7 är som störst) är temperaturökningen +2.7 °C i genomsnitt mellan 1951 och 2020. En 10-procentig ökning av fuktinnehållet kombinerat med 2.7 °C varmare luft ger en minskning i RH med 3.5 %-enheter. Den uppmätta RH-förändringen under samma kritiska perioder är -4.1 % i medel (över de nio lokalerna).

För de olika indikatorerna på brandindex så är ökningen i högsta 7-dagars medelvärde alltid större än ökningen i säsongens medelvärde. Exempelvis uppvisar bara Storuman någon egentlig ökning i sommarens (jja) medelvärde av FWI och DMC och ingen lokal visar någon tydlig förändring i sommarens medelvärde av FFMC. Det är alltså en större variation i indexvärden, både inom och mellan säsonger; antalet dagar med låga indexvärden såväl som antalet dagar med höga indexvärden ökar. Detta förtydligar behovet av data som baserar sig på faktiska dagliga observationer och inte på medelvärden över längre tid (exempelvis månadsmedelvärden) eller på interpolerad omanalyserad data med dess dragning åt medelvärden på bekostnad av extremvärden.

Vi ser också att variationer som kan sträcka sig över ett decennium eller mer inte är helt ovanliga. Exempelvis hade de flesta lokalerna relativt låga brandriskindex under de 20 åren före 2018; en tid som är tillräckligt lång för att minnet av hur ”en typisk brandsommar” är ska hinna blekna.

Det finns inga liknande studier från andra regioner i världen men beräkningar på omanalyserad ERA5-data har genomförts för exempelvis östra Kanada (Barnes *et al.* 2023). Där är ökningen över 50 % för FWI7x sedan 1951 och där ses också en tydligt ökad spridning mellan år. Alla lokaler som vi studerat hade en mindre relativ ökning än den för Kanada, även om den i absolut förändring av FWI7x är jämförbar för vissa regioner (Storuman, Västervik, Stockholm). Andra regioner (såsom europeiska Medelhavsområdet) uppvisar också en trend mot ökad brandrisk, men där är variationen mellan områden stor (Kovats *et al.* 2014).

Det är tydligt att trenderna över tid skiljer sig en del mellan lokaler. Gemensamt är dock att det var en svag trend mot lägre brandrisk under andra hälften av 1800-talet men att denna stabiliserade sig i början av 1900-talet, för att så småningom öka. Denna trend är parallell med förändringen för global medeltemperatur (Lenssen *et al.* 2019), där det efter 1910-1920 varit en från början svag ökning, som senare accelererat allt mer. Vår analys visar att brandrisken har ökat, men att ökningen över en 70-årsperiod fortfarande är liten i förhållande till spridningen mellan år. Förväntan på framtidens väderrelaterade brandrisk bör alltså vara att vi får en högre frekvens av typiska ”brandsomrar” liknande dem vi redan upplevt, exempelvis 2018, 1992 och 1969 (hela landet), 1983 (södra Sverige) och 1933 (norra Sverige).

Referenser

P.A. Arias *et al.* (2021) 2021: Technical Summary. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Cambridge University Press, NY, USA), pp. 33−144. https://doi.org/10.1017/9781009157896.002 .

C. Barnes, *et al.* (2023) Climate change more than doubled the likelihood of extreme fire weather conditions in eastern Canada. Scientific Reports (in review). https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/105981

Copernicus Climate Change Service (2023) 'Climate Reanalysis' https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis (besökt 2023-11-24).

J.l. Dupuy, H. Fargeon, N. Martin-StPaul, F. Pimont, J. Ruffault, M. Guijarro, C. Hernando, J. Madrigal, P. Fernandes (2020) Climate change impact on future wildfire danger and activity in southern Europe: a review. Annals of Forest Science 77, 35. https://doi.org/10.1007/s13595-020-00933-5

A.J. Dowdy (2018) Climatological Variability of Fire Weather in Australia, Journal of Applied Meteorology and Climatology 57, 221–234, https://doi.org/10.1175/JAMC-D-17-0167.1

M.P. Girardin, M. Wotton (2009) Summer Moisture and Wildfire Risks across Canada, Journal of Applied Meteorology and Climatology 48, 517-533. https://doi.org/10.1175/2008JAMC1996.1

M.P. Girardin, A.A. Ali, C. Carcaillet, M. Mudelsee, I. Drobyshev, C. Hely, Y. Bergeron (2009) Heterogeneous response of circumboreal wildfire risk to climate change since the early 1900s, Global Change Biology 15, 2751-2769. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.01869.x

R.S. Kovats *et al.* (2014) Europe. In: V.R. Barros *et al.* (eds) Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part B: regional aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-PartB_FINAL.pdf (besökt 2023-11-26)

N. Lenssen, G. Schmidt, J. Hansen, M. Menne, A. Persin, R. Ruedy, D. Zyss (2019) Improvements in the GISTEMP uncertainty model. Journal of Geophysical Research: Atmospheres 124, 6307-6326 https://doi.org/10.1029/2018JD029522

C. Hanes, M. Wotton, D.G. Woolford, D.L. Martell, M. Flannigan (2020) Preceding Fall Drought Conditions and Overwinter Precipitation Effects on Spring Wildland Fire Activity in Canada, Fire 3, 24. https://doi.org/10.3390/fire3020024

G. Magnus (1844) Versuche über die Spannkräfte des Wasserdampfs, Annalen der Physik 137, 225-247. https://doi.org/10.1002/andp.18441370202

H.M. Mäkelä, M. Laapas, A. Venäläinen (2012) Long-term temporal changes in the occurrence of a high forest fire danger in Finland, Natural Hazards and Earth System Sciences 12, 2591-2601. https://doi.org/10.5194/nhess-12-2591-2012

G.J. van Oldenborgh, F. Krikken, S. Lewis *et al.* (2021) Attribution of the Australian bushfire risk to anthropogenic climate change, Natural Hazards and Earth System Sciences 21, 941–960. https://doi.org/10.5194/nhess-21-941-2021

M. Rantanen, A.Y. Karpechko, A. Lipponen, K. Nordling, O. Hyvärinen, K. Ruosteenoja, T. Vihma, A. Laaksonen (2022) The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. Communications Earth & Environment 3, 168. https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3

S. Schimanke, M. Joelsson, S. Andersson, T. Carlund, L. Wern, S. Hellström, E. Kjellström (2022) Observerad klimatförändring i Sverige 1860-2021, Klimatologi 69 (SMHI, Norrköping).

J. Sjöström, A. Granström (2020). Skogsbränder och gräsbränder i Sverige: Trender och mönster under senare decennier, MSB1536 (Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, Karlstad). https://rib.msb.se/filer/pdf/30223.pdf

J. Sjöström, A. Granström (2023a) Human activity and demographics drive the fire regime in a highly developed European boreal region, Fire Safety Journal 136, 103743. https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103743

J. Sjöström, A. Granström (2023b). A phenology-driven fire danger index for northern grasslands. International Journal of Wildland Fire 32, 1332-1346. https://doi.org/10.1071/WF23013

SMHI (2023) ' Ladda ner meteorologiska observationer' https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer (besökt 2023-11-24)

B.J. Stocks, B.D. Lawson, M.E. Alexander, C.E. Wagner, R.S. McAlpine, T.J. Lynham, D.E. Dube (1989). The Canadian forest fire danger rating system: an overview. The Forestry Chronicle, 65(6), 450-457. https://doi.org/10.5558/tfc65450-6

C.E. Van Wagner, T.L. Pickett (1985). Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System. Forestry Technical Report. (Canadian Forestry Service, Ottawa, Kanada). https://purl.org/INRMM-MiD/c-14026112

L. Wern, L. Bärring (2009) Sveriges vindklimat 1901-2008: analys av förändring i geostrofisk vind, Meteorologi 138 (SMHI, Norrköping).

L. Wern (2013) Luftfuktighet - Variationer i Sverige, Meteorologi 154 (SMHI, Norrköping).

L. Wern (2015). Snödjup i Sverige 1904. SMHI, Meteorologi 138 (SMHI, Norrköping).

W. Yang, M. Gardelin, J. Olsson, T. Bosshard (2015). Multi-variable bias correction: application of forest fire risk in present and future climate in Sweden. Natural Hazards and Earth System Science, 15, 2037-2057. https://doi.org/10.5194/nhess-15-2037-2015

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

I samarbete med:

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
651 81 Karlstad Tel 0771-240 240 **www.msb.se**
Publ.nr MSB2300 - januari 2024 ISBN 978-91-7927-468-9

Bilaga 1 - Observationsdata

99 % all data var registrerad vid korrekt tidpunkt (12.00 för T, RH och vind; 20.00 UTC för regn). Om data saknas för 12.00 UTC från en station så användes observationen som låg närmast i tid från samma station med upp till 6 timmars differens. Fanns ingen observation inom det tidsintervallet användes istället följande prioritering

1. Gårdagens värde (om enbart enstaka dagar saknar värde)
2. Mesandata för stationens gridpunkt (data tillgängligt 1999-2020)
3. Värden från närliggande station. För långa perioder då data från annan station användes gjordes en analys av all data som observerades synkront mellan stationerna för att hitta systematiska differenser mellan stationerna vilket adderades som korrigering till den ursprungliga väderstationen.
4. Om ingen bra alternativ station kunde hittas användes värdet från samma datum året innan (sker endast ett fåtal gånger).

Då information om RH saknades men information om daggpunkt (DP) fanns tillgänglig användes följande ekvation för att beräkna RH ur DP och T (Magnus 1844):

$$RH = 100 \times \exp\left(\frac{aDP}{b + DP}\right) \times \exp\left(-\frac{aT}{b + T}\right)$$

där T och DP anges i [°C] samt a=17.625 och b=243.04.

För varje lokal visar vi nedan information om rådatan som ligger till grund för rapporten.

Jokkmokk

Station			1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Jokkmokk	66.6135	19.8316	1871-2017	1871-1999	1951-2017	1951-1999		1951-1999
Jokkmokk Flygplats	66.491	20.142	2018-2020	2000-2020	2018-2020	2000-2020	2000-2020	

Vind (99.22 % komplett)

År	Bristfällig data
1952	4 dagar
1954	2 dagar
1956	28 dagar
1957	33 dagar
1988	14 dagar
1995	17 dagar
1996	13 dagar
1998	2 dagar
2007	7 dagar
2008	9 dagar
2009	1 dag
2014	1 dag
2017	2 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
11:00	0.06 %
12:00	94.93 %
13:00	0.13 %
Övrigt	4.88 %

Regn (99.19 % komplett)

År	Bristfällig data
1882	1 dag
1955	8 dagar
1957	36 dagar
1958	5 dagar
1959	5 dagar
1976	30 dagar
1999	61 dagar
2009	Hela året

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
06:00	48.50 %
07:00	50.67 %
övrigt	0.83 %

Temperatur (99.02 % komplett)

År	Bristfällig data
1873	1 dag
1874	1 dag
1877	8 dagar
1878	115 dagar
1882	1 dag
1890	1 dag
1891	1 dag
1895	1 dag
1898	2 dagar
1957	20 dagar
1975	14 dagar
1999	29 dagar
2000	96 dagar
2002	4 dagar
2004	4 dagar
2009	61 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
06:00	46.30 %
07:00	53.70 %

RH (98.34 % komplett)

1951-1995 beräknad via daggpunkt och lufttemperatur.

År	Bristfällig data
1952	5 dagar
1957	35 dagar
1958	15 dagar
1960	25 dagar
1961	31 dagar (oktober)
1962	30 dagar (september)
1988	14 dagar
1995	17 dagar
1999	24 dagar
2013	89 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla RH-observationer
12.00	97.87 %
13.00	0.01 %
Övriga	2.12 %

Storuman

	Station		1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Stensele	65.0706	17.1536	1871-2004	1871-2004	1951-2004	1951-2008		1951-1999
Gunnarn	65.0074	17.7014	2005-2009	2004-2008	2005-2015	1955-1956	2000-2020	
Gunnarn A	65.0094	17.6993	2010-2020	2009-2020		2009-2020		
Latikberg D	64.6425	17.0833			2016-2020			

Vind (99.40 % komplett)

År	Bristfällig data
1953	5 dagar
1954	18 dagar
1999	49 dagar
2010	13 dagar
2016	4 dagar
2017	12 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
12:00	**96.34 %**
24:00	3.66 %

Regn (99.97 % komplett)

År	Bristfällig data
1949	1 dag
1950	2 dagar
1952	2 dagar
1953	2 dagar
1958	1 dag
1960	1 dag

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
06:00	48.3 %
07:00	51.7 %

Temperatur (99.71 % komplett)

År	Bristfällig data
1964	9 dagar
1872	11 dagar
1873	4 dagar
1874	7 dagar
1875	12 dagar
1876	3 dagar
1877	7 dagar
1878	9 dagar
1879	6 dagar
1880	7 dagar
1881	8 dagar
1882	4 dagar
1883	7 dagar
1884	16 dagar
1885	6 dagar
1898	1 dag

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
12.00	49.33 %
13.00	49.80 %
Övriga	0.87 %

RH (99.69 % komplett)

1951-1995 beräknad via daggpunkt och lufttemperatur.

År	Bristfällig data
1964	31 dagar
1983	1 dag
2010	9 dagar
2016	1 dag
2017	4 dagar
2018	**11 dagar**

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
12:00	**99.35**
övrigt	0.65

Umeå

Station			1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Umeå	63.8302	20.2901	1860-1978	1860-1978				
Umeå Flygplats	63.7931	20.28	1979-2020	1979-2020		1962-2020		1962-2020
Vännäs	63.9187	19.6986				1951-1961		1951-1961

Vind (99.44 % komplett)

År	Bristfällig data
1951	6 dagar
1956	21 dagar
1996	13
1997	1 dag
1998	14 dagar
2000	2 dagar
2001	5 dagar
2003	3 dagar
2004	8 dagar
2005	1 dag
2012	3 dagar
2013	**3 dagar**

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
12:00	**98.90 %**
övrigt	1.10 %

Regn (99.85 % komplett)

År	Bristfällig data
1951	8 dagar
1956	24 dagar
2015	28

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
06:00	45.89 %
07:00	54.11

Temperatur (99.90 % komplett)

År	Bristfällig data
1864	10 dagar
1888	5 dagar
1998	13 dagar
2020	12 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
12:00	45.69 %
13:00	54.01 %
Övrigt	0.03 %

RH (99.19 % komplett)

1951-1995 beräknad via daggpunkt och lufttemperatur.

År	Bristfällig data
1955	2 dagar
1956	21 dagar
1957	28 dagar
1992	28 dagar
1996	13 dagar
1997	2 dagar
2000	2 dagar
2001	3 dagar
2003	2 dagar
2004	8 dagar
2005	1 dag
2012	3 dagar
2013	3 dagar
2014	1 dag

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
11:00	0.02 %
12:00	99.25 %
13:00	0.04 %
14:00	0.69 %

Sveg

Station			1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Sveg	62.0191	14.1904		1881-2009		1951-2009		1951-2009
Sveg Eggarna	62.0141	14.2995	1881-2009		1951-2020			
Sveg A	62.0462	14.4069	2010-2020	2010-2020		2010-2020	2010-2020	

Vind (99.86 % komplett)

År	Bristfällig data
1954	2 dagar
1957	1 dag
2016	24 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12:00	**91.09 %**
13:00	8.57 %
övrigt	0.34 %

Regn (99.18 % komplett)

År	Bristfällig data
1875	61 dagar
1879	153 dagar
1880	61 dagar
1898	3 dagar
1949	1 dag
1950	2 dagar
1953	1 dag
1954	1 dag
1956	2 dagar
1957	3 dagar
1958	1 dag
1959	1 dag

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
06:00	66.49 %
07:00	32.41 %

Temperatur (99.37 % komplett)

År	Bristfällig data
1876	1 dag
1877	1 dag
1878	1 dag
1879	Hela året
1880	61
1890	1 dag
1893	1 dag
1898	6 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12.00	51.02 %
13.00	47.80 %
Övrigt	1.18 %

RH (100 % komplett)

1951-1995 beräknad via daggpunkt och lufttemperatur.

Falun

	Station		1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Falun-Lugnet	60.6185	15.6574	1860-2020	1860-2020	1951-2020	1951-1997		1951-1997
Borlänge Flygplats	56.8463	14.8296				1998-2018		1998-2018
Stjärnsund	60.4551	16.2662		July 1982				

Vind (99.39 % komplett)

År	Bristfällig data
1982	92 dagar
1998	5 dagar
1999	4 dagar
2001	32 dagar
2002	17 dagar
2003	2 dagar
2006	3 dagar
2008	1 dag
2009	2 dagar
2010	4 dagar
2011	5 dagar
2012	5 dagar
2015	1 dag
2016	7 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12:00	91.85 %
13:00	6.31 %

Regn (99.64 % komplett)

År	Bristfällig data
1895	12 dagar
1934	4 dagar
1944	8 dagar
2001	30 dagar
2002	15 dagar
2003	4 dagar
2006	3 dagar
2008	1 dag
2009	1 dag
2010	4 dagar
2011	5 dagar
2012	5 dagar
2015	1 dag

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
06:00	46.85 %
06:00	52.79 %

Temperatur (99.60 % komplett)

År	Bristfällig data
1865	1 dag
1870	2 dagar
2020	Hela året

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12.00	32.11 %
13.00	54.33 %
18:00	13.52 %

RH (99.09 % komplett)

1951-1995 beräknad via daggpunkt och lufttemperatur.

År	Bristfällig data
1955	3 dagar
1957	5 dagar
1959	2 dagar
1960	2 dagar
1982	61 dagar
1998	5 dagar
1999	4 dagar
2001	30 dagar
2002	17 dagar
2006	3 dagar
2011	2 dagar
2012	5 dagar
2015	4 dagar
2016	7 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
11:00	0.13 %
12:00	99.15 %
13:00	0.14 %
övrigt	0.58 %

Stockholm

Station			1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Stockholm Observatoriekullen	59.3417	18.0549	1860-2020	1860-2020	1951-2020	1951-1995		1951-1996
Stockholm-Bromma Flygplats	59.3537	17.9513				1996-2020	1997-2020	

Vind (99.92% komplett)

År	Bristfällig data
1998	1 dag
1999	1 dag
2001	1 dag
2003	2 dagar
2004	5 dagar
2012	4 dagar
2014	1 dag

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12:00	91.16 %
13:00	8.67 %

Regn (99.61 % komplett)

År	Bristfällig data
1863	Hela året

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
06:00	45.96 %
06:00	29.19 %

Temperatur (100 % komplett)

År	Bristfällig data

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12.00	45.88 %
13.00	54.04 %
övrigt	0.08 %

RH (% komplett)

1951-1995 beräknad via daggpunkt och lufttemperatur.

År	Bristfällig data
1997	20 dagar
1998	2 dagar
1999	1 dag
2001	2 dagar
2003	3 dagar
2004	5 dagar
2008	1 dag
2012	4 dagar
2016	1 dag

Observationstid (UTC)	Andel av alla observationer
12:00	99.82 %
övrigt	0.12 %

Malmslätt

Station			1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Linköping-Malmslätt	58.398	15.523	1944-2020	1944-2020	1951-2020	1951-2020		1951-2020
Linköping	58.4166	15.633	1860-1943	1860-1943				

Regn (99.33 % komplett)

År	Bristfällig data
1862	11 dagar
1863	10 dagar
1864	22 dagar
1865	16 dagar
1866	20 dagar
1867	14 dagar
1868	12 dagar
1869	14 dagar
1870	10 dagar
1871	11 dagar
1872	16 dagar
1873	22 dagar
1874	6 dagar
1877	2 dagar
1878	2 dagar
1879	5 dagar
1898	2 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
06:00	26.06 %
07:00	72.62 %

Temperatur (99.93 % komplett)

År	Bristfällig data
1864	1 dag
1867	4 dagar
1868	4 dagar
1870	4 dagar
1871	3 dagar
1872	1 dag
1873	1 dag
1878	1 dag
1879	1 dag

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12:00	26.06 %
13:00	73.54 %

Vind (Uppgift saknas)

RH (Uppgift saknas)

Västervik

Station			1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Västervik	57.7213	16.4683	1860-1994	1860-1994	1901-1995			1951-1994
Gladhammar A	57.7068	16.4526	1995-2020	1995-2020			1995-2000	
Hellrö	57.9542	16.6482			1996-2020			

Vind (99.61 % komplett)

År	Bristfällig data
1984	17 dagar
1985	30 dagar
1986	13 dagar
1989	3 dagar
1992	1 dag
1995	1 dag
1997	5 dagar
1998	2 dagar
2003	1 dag
2004	1 dag
2005	1 dag
2008	3 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12:00	90.73
13:00	8.64

Regn (100 % komplett)

År	Bristfällig data

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
06:00	45.95 %
07:00	54.05 %

Temperatur (Uppgift saknas)

År	Bristfällig data

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12.00	45.93 %
13.00	53.97 %
14:00	0.10 %

RH (% komplett)

1951-1995 beräknad via daggpunkt och lufttemperatur.

År	Bristfällig data
1974	7 dagar
1984	17 dagar
1985	30 dagar
1986	6 dagar
1989	3 dagar
1992	1 dag
1997	3 dagar
1998	1 dag
2003	2 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12.00	99.94 %
13.00	0.06 %

Växjö

Station			1860-2020		1951-2020			
Namn	Lat	Long	Regn	Temp	Snö	Vind	RH	DP
Växjö	56.8427	14.8176		1860-2020		1951-1995		1951-1995
Växjö A	56.8463	14.8296	2020			1996-2020	1996-2020	
Växjö D	56.8809	14.8257	1860-2019		1951-2019			
Moheda D	57.0063	14.5683			2020			

Vind (97.26 % komplett)

År	Bristfällig data
1960	3 dagar i juli
1986	2 dagar
1987	1 dag
1989	2 dagar
1992	5 dagar i juli, 2 i augusti
1995	6 dagar i oktober
1998	3 dagar
2009	14 dagar i augusti
2015	12 dagar i september
2017	11 dagar i maj

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
06:00	0.02 %
10:00	0.01 %
11:00	0.01 %
12:00	**91.4 %**
13:00	8.4 %
18:00	0.09 %

Regn (99.73 % komplett)

År	Bristfällig data
1996	2 dagar
1997	4 dagar
1998	3 dagar
2003	57 dagar (2 i juni, 11 i augusti, 29 i september, 23 i oktober)
2015	12 dagar i september
2017	11 dagar i maj

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
06:00	43.6 %
07:00	56.4 %

Temperatur (99.88 % komplett)

År	Bristfällig data
1864	1 dag
1986	31dagar (hela juli)
1994	2 dagar
1995	1 dag
1998	5 dagar

Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
12.00	45.6 %
13.00	54.4 %

RH (98.49 % komplett)

1951-1995 beräknad via daggpunkt och lufttemperatur.

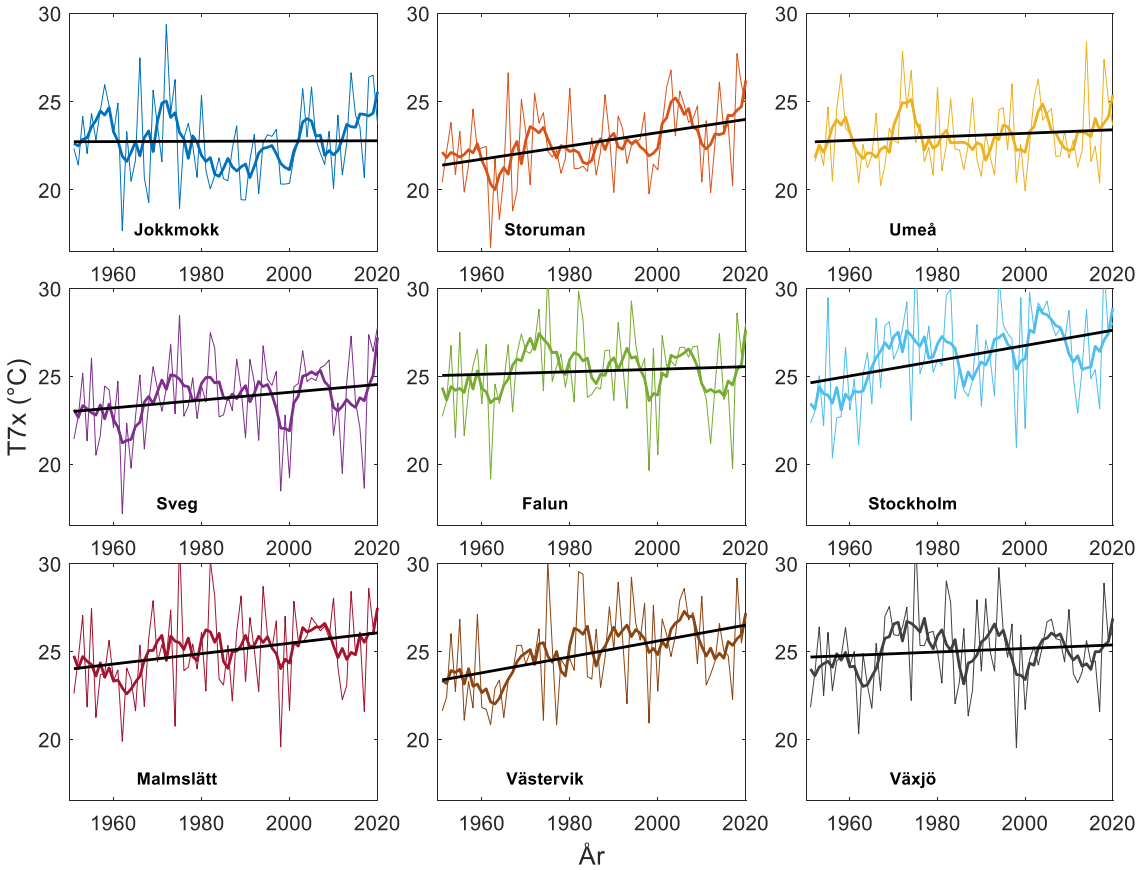
År	Bristfällig data
1959	153 dagar (allt utom juni, juli augusti)
1979	9 dagar i maj
1986	21 dagar i juli
1987	1 dag
1989	2 dagar
1992	7 dagar
1995	6 dagar
1996	1 dag
1997	1 dag
1998	3 dagar
2008	6 dagar i april
2009	20 dagar
2015	12 dagar i september
2017	11 dagar i maj

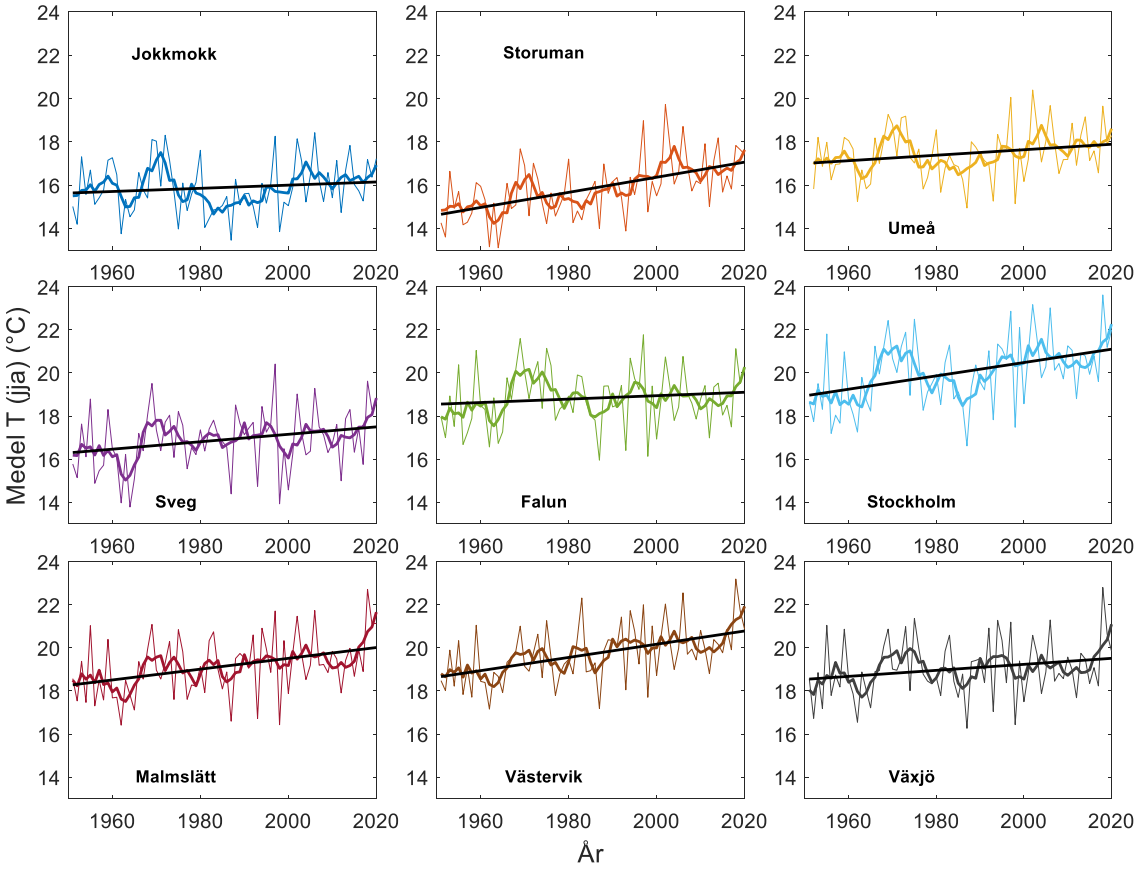
Observationstid (UTC)	Andel av alla vindobservationer
06:00	0.05 %
10:00	0.02 %
11:00	0.05 %
12:00	**99.64 %**
13:00	0.16 %
14:00	0.03 %
15:00	0.02 %
18:00	0.02 %

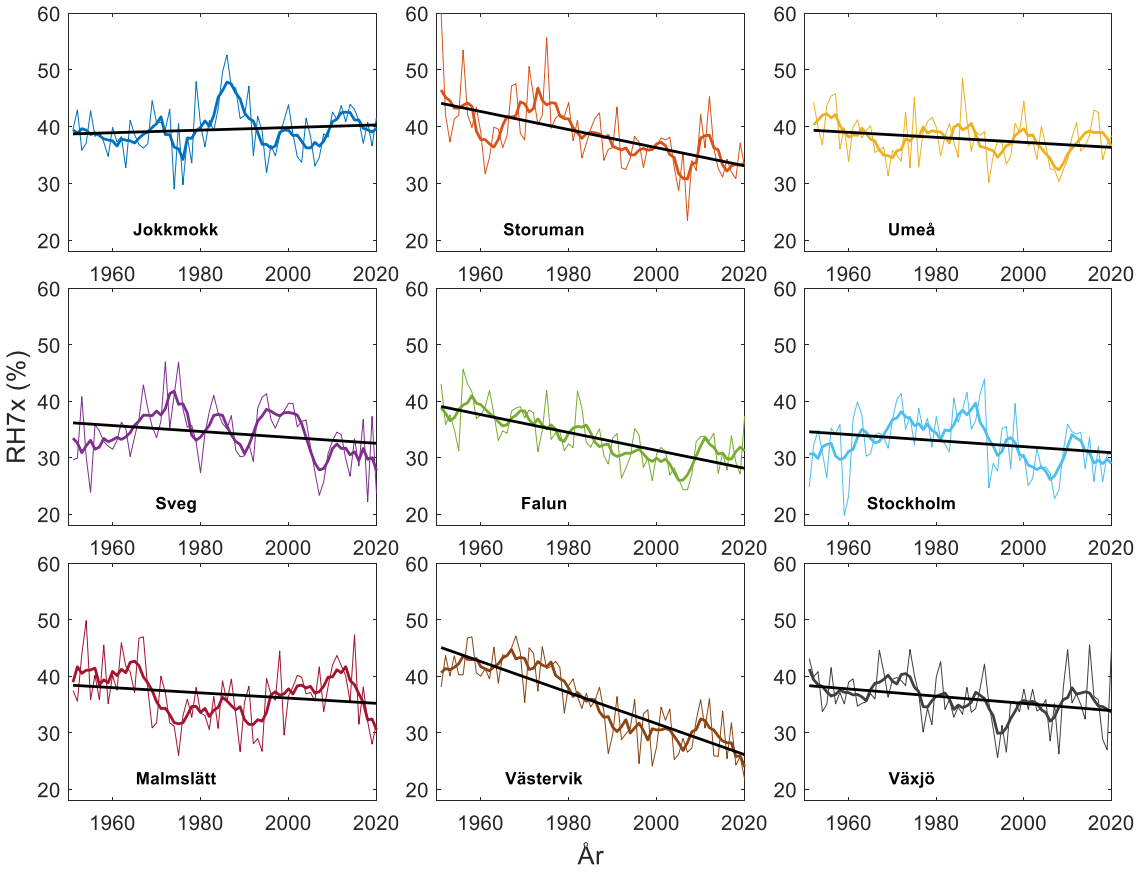
Bilaga 2 – Tidsserier över alla indikatorer 1951 – 2020

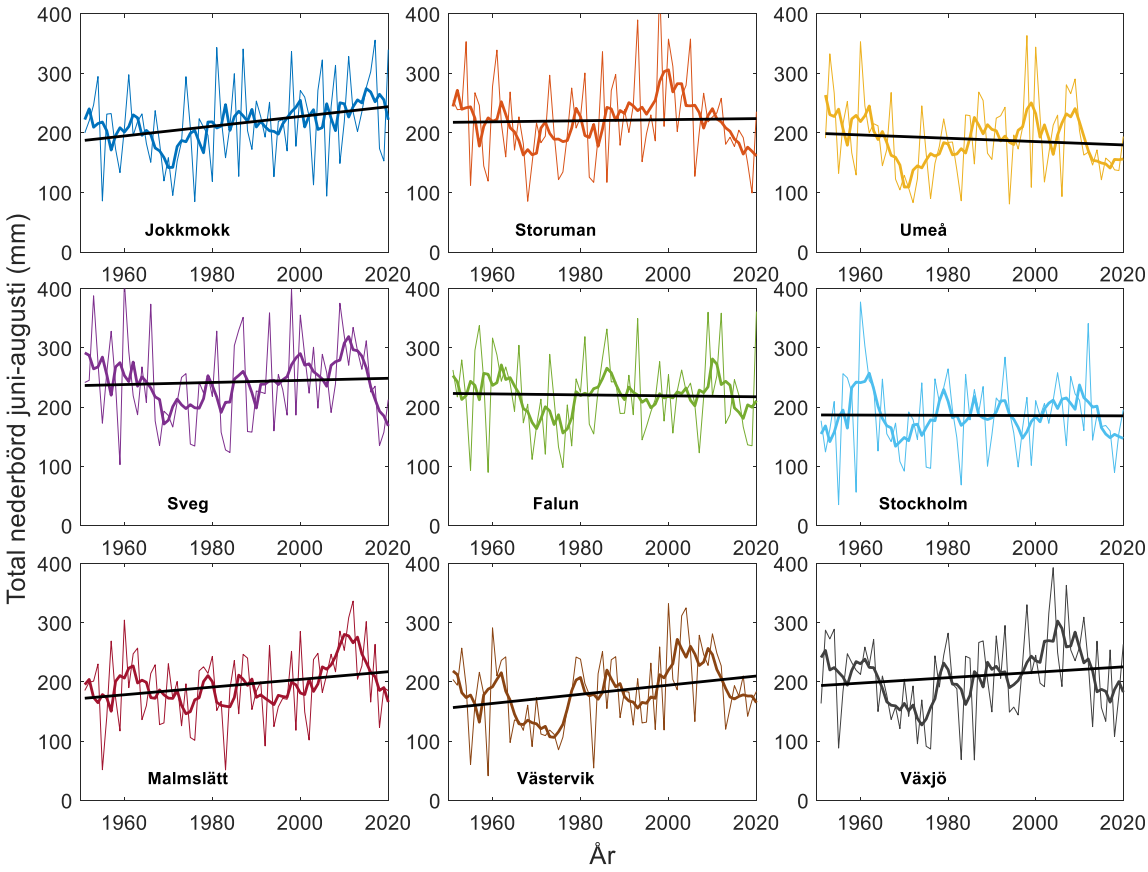
Nedan visas fler väder- och brandriskindikatorer som inte ritas upp i huvuddelen av rapporten. Figurerna saknar figurtext utan beskrivs av Nomenklaturen beskriven på sida 5.

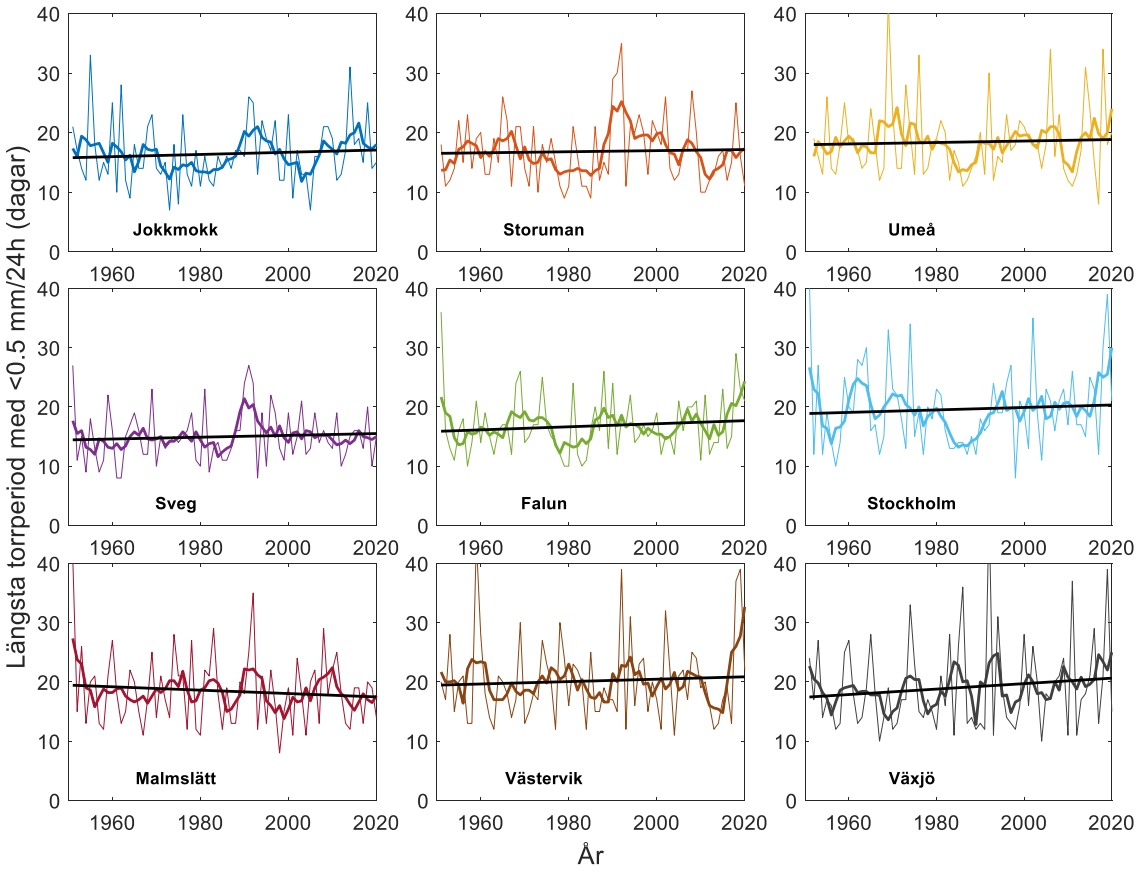
Säsongskarakteristik väderindikatorer 1951-2020

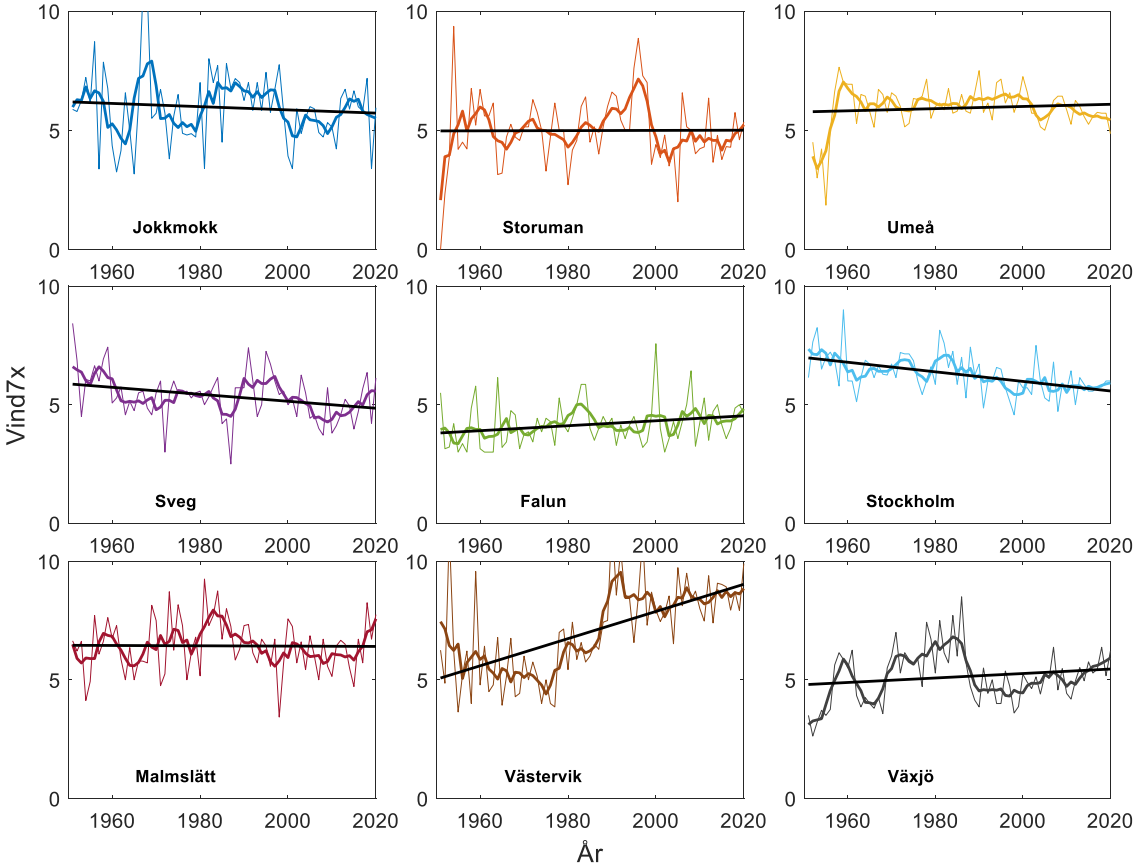



Medel T (jja) (°C)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
24
22
20
18
16
14
1960
1980
2000
2020
År

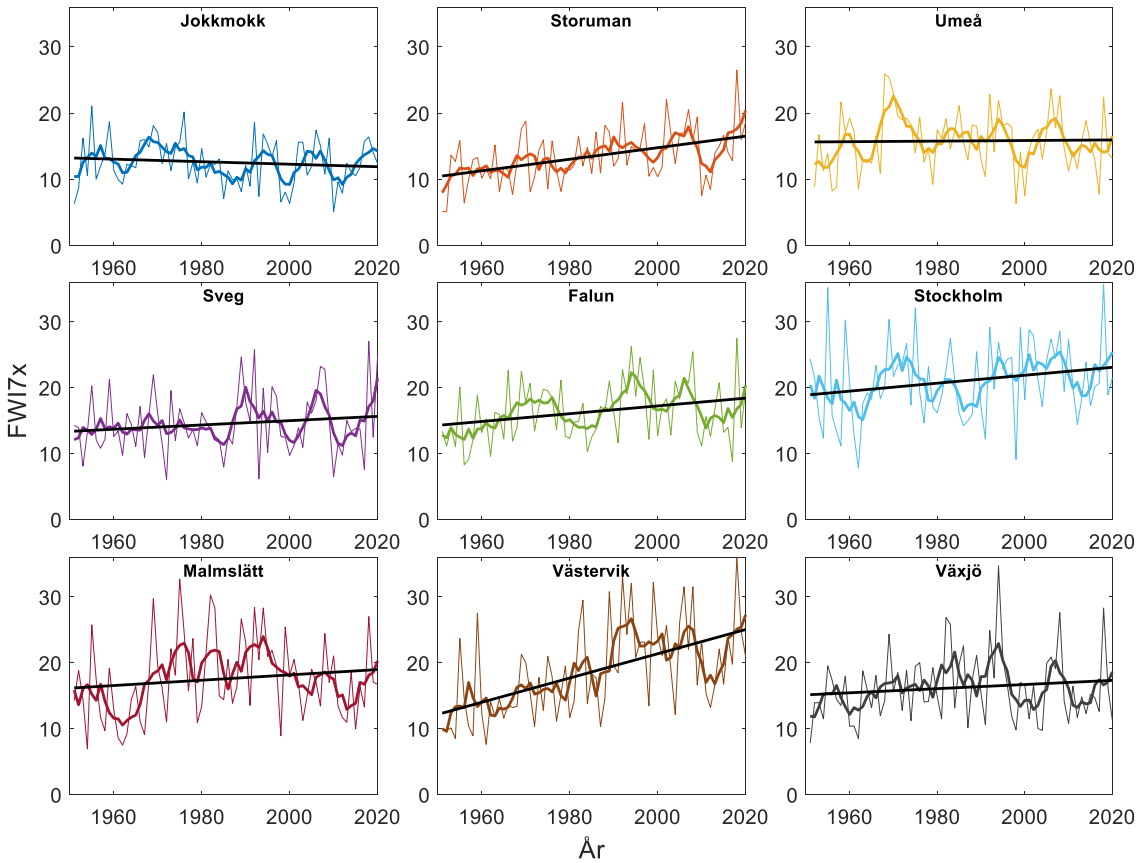

RH7x (%)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
60
50
40
30
20
1960
1980
2000
2020
År

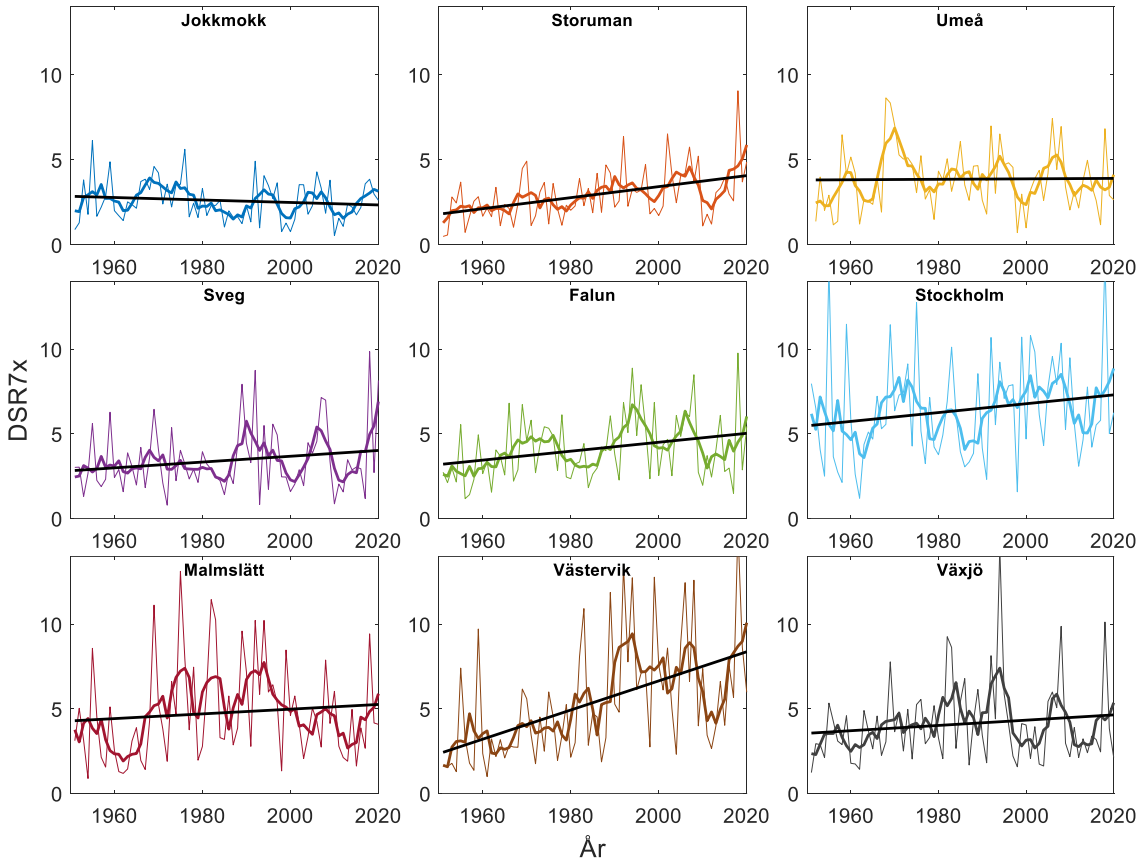

Total nederbörd juni-augusti (mm)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
0
100
200
300
400
1960
1980
2000
2020
År

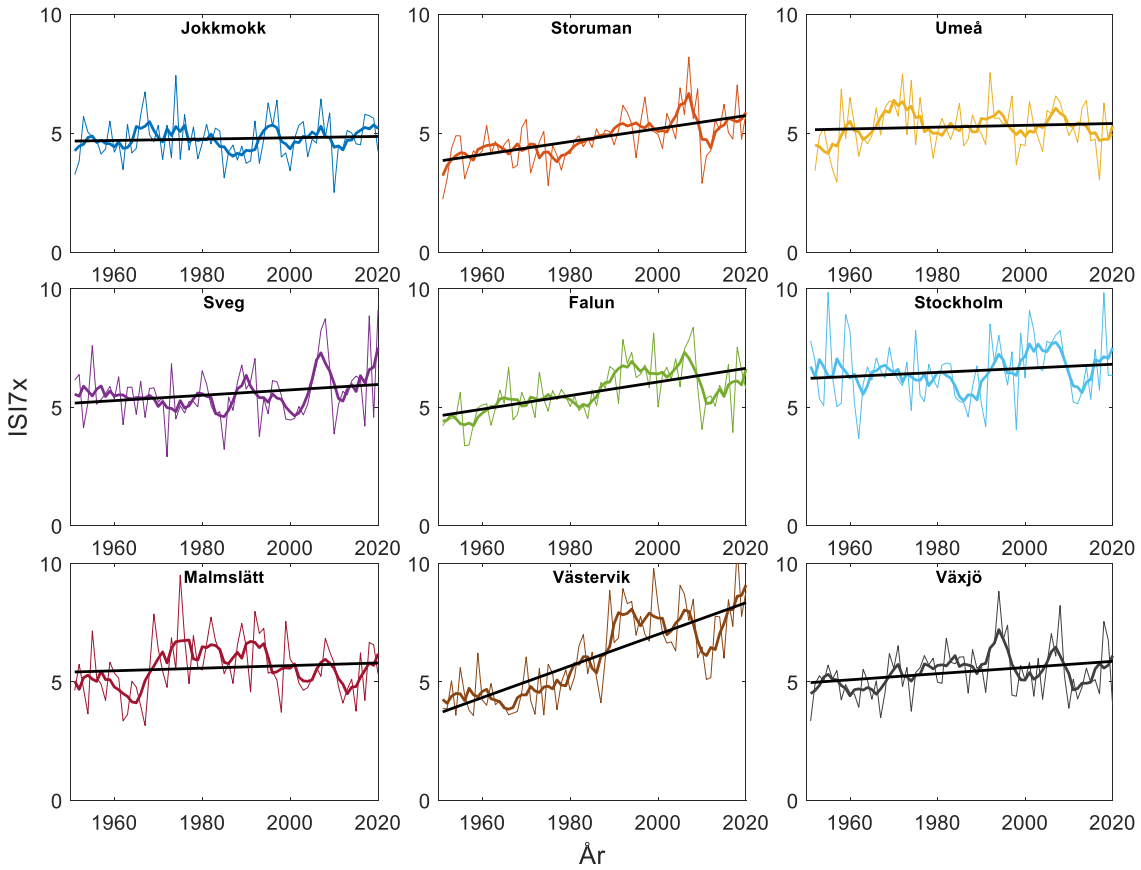

Längsta torrperiod med <0.5 mm/24h (dagar)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
0
10
20
30
40
1960
1980
2000
2020
År

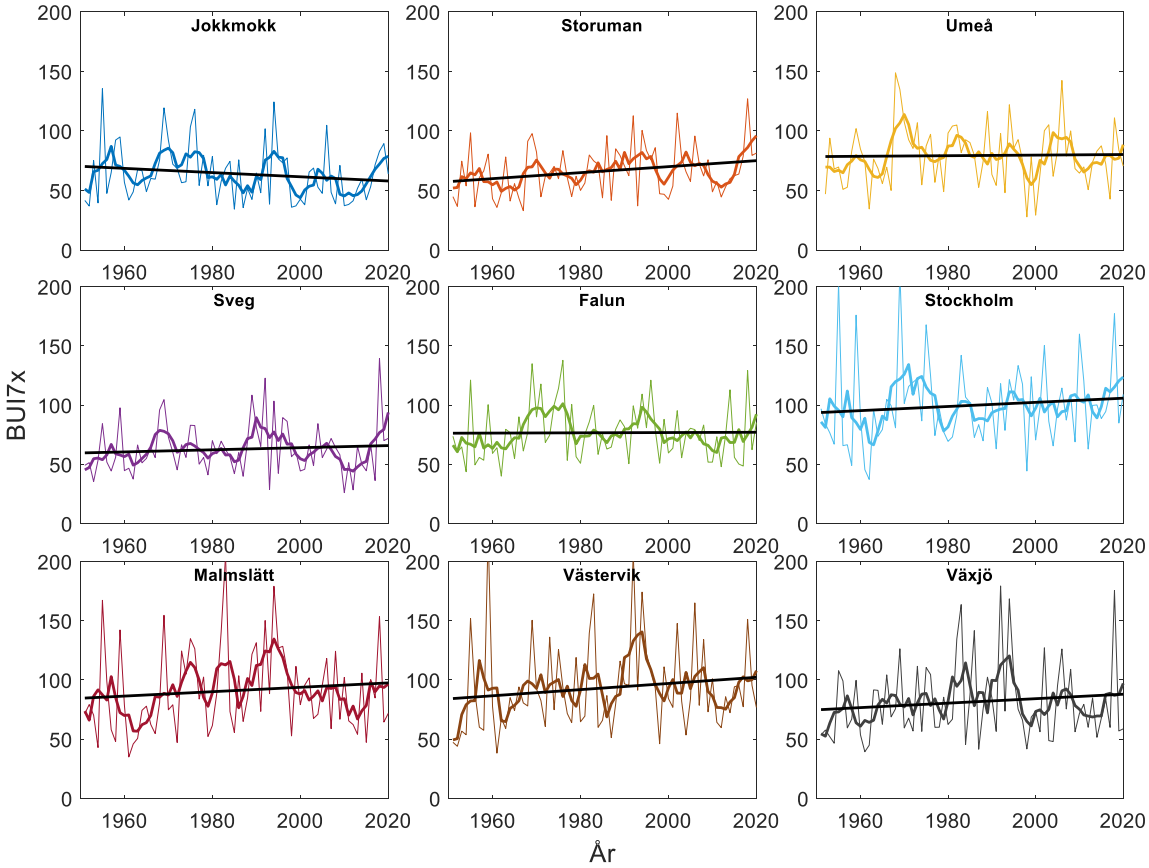


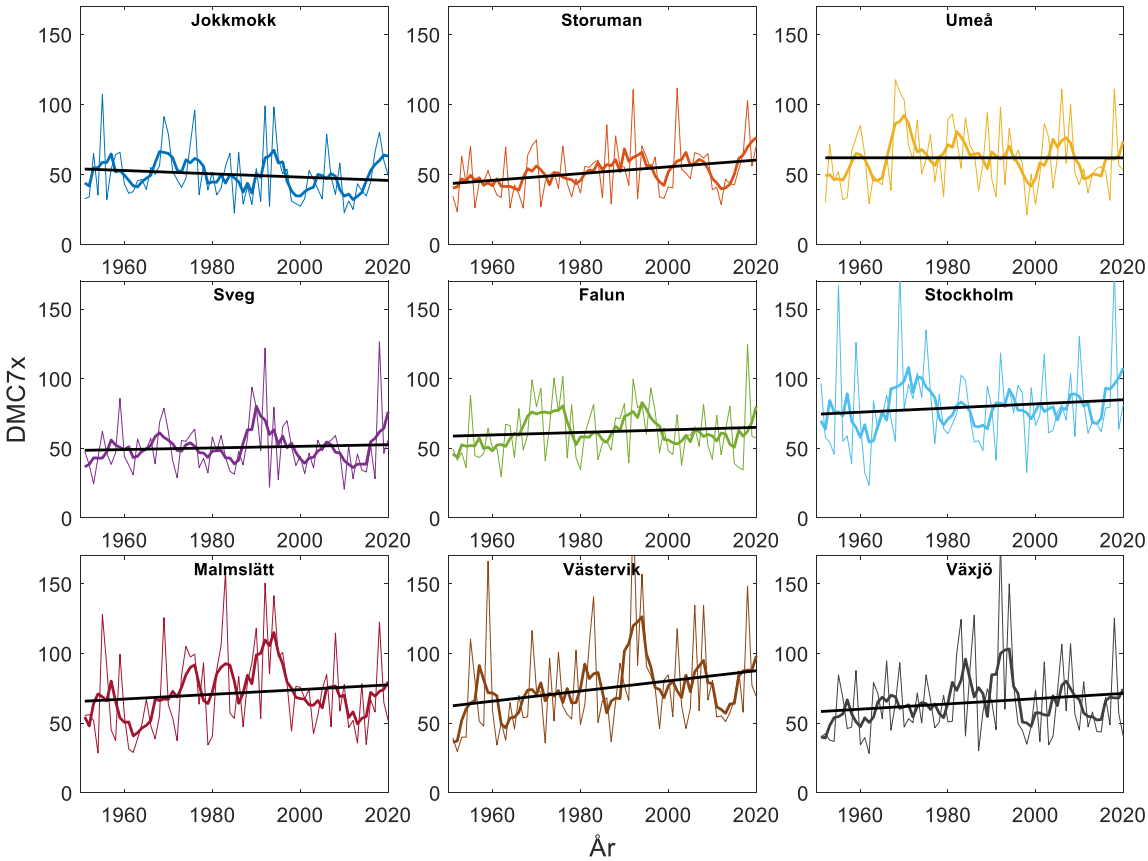
Säsongskarakteristik riskindex 1951-2020

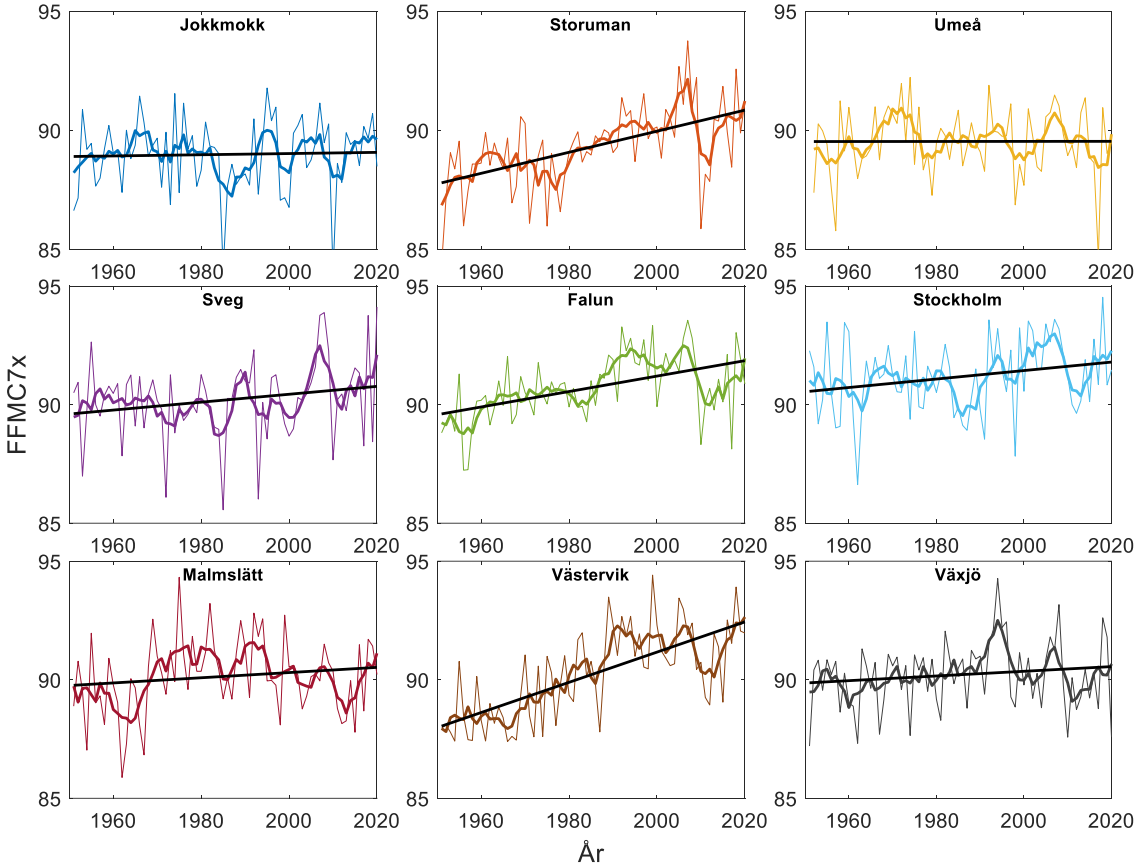


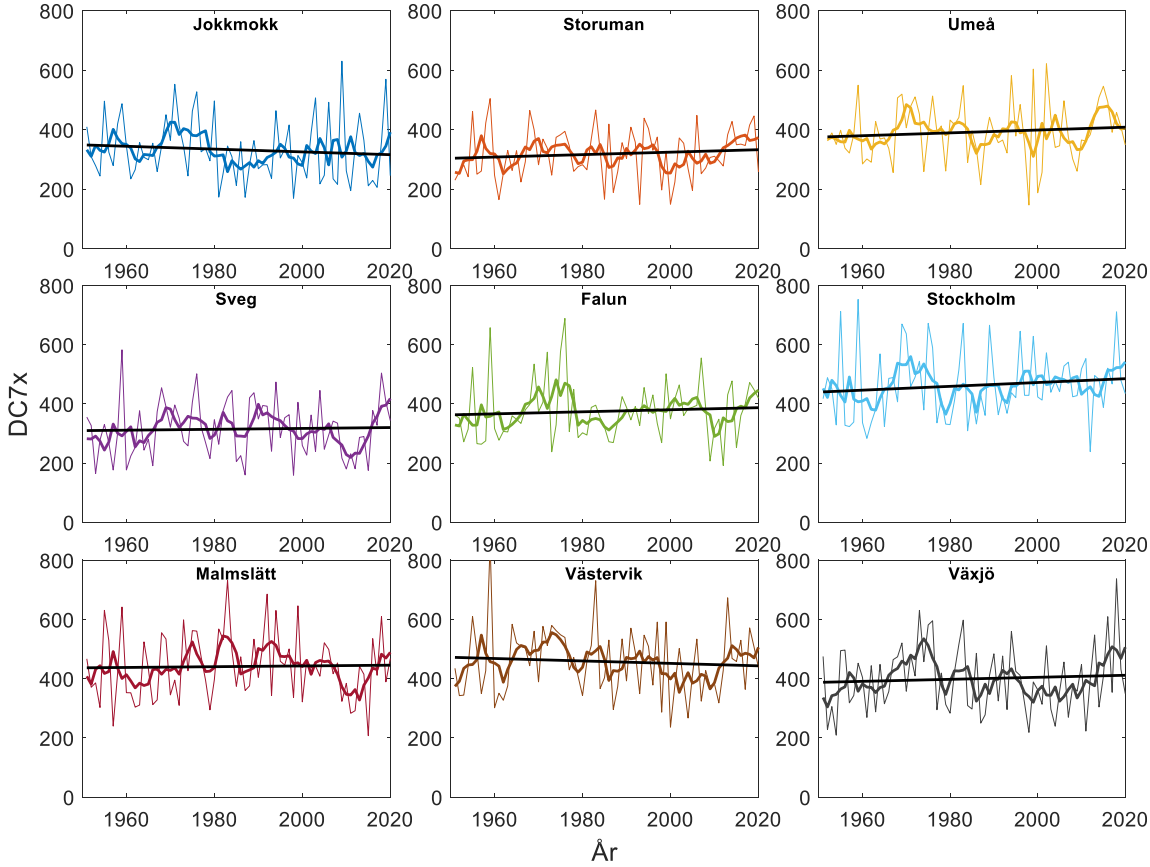

Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
DSR7x
0
5
10
1960
1980
2000
2020
År

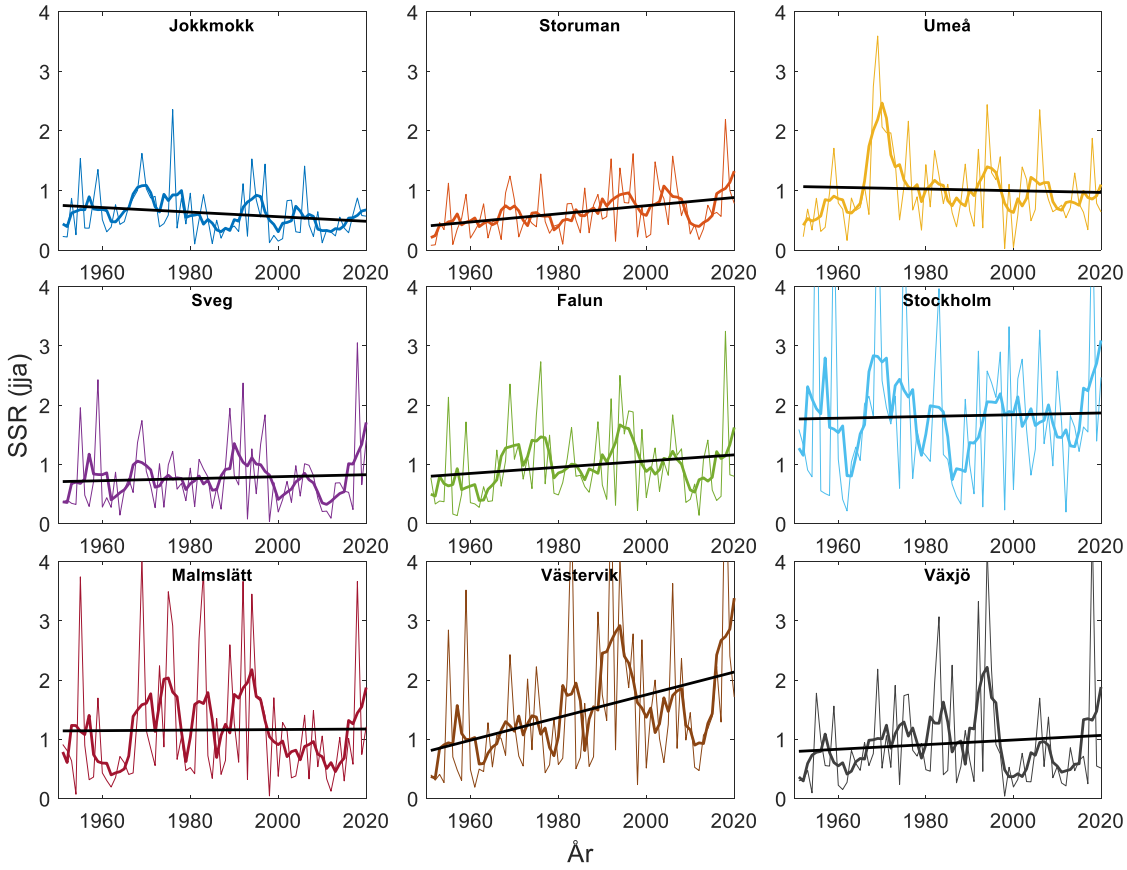

Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
ISI7x
0
5
10
1960
1980
2000
2020
År

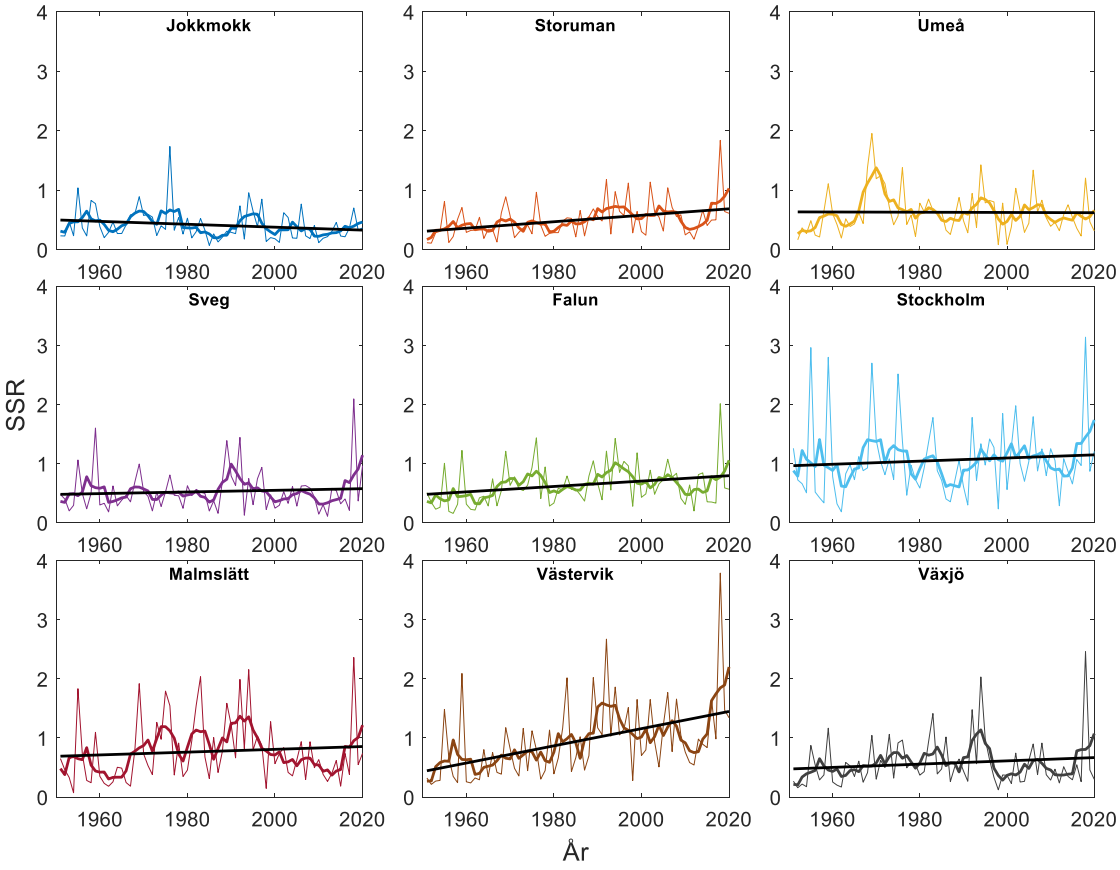

Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
BUI7x
År

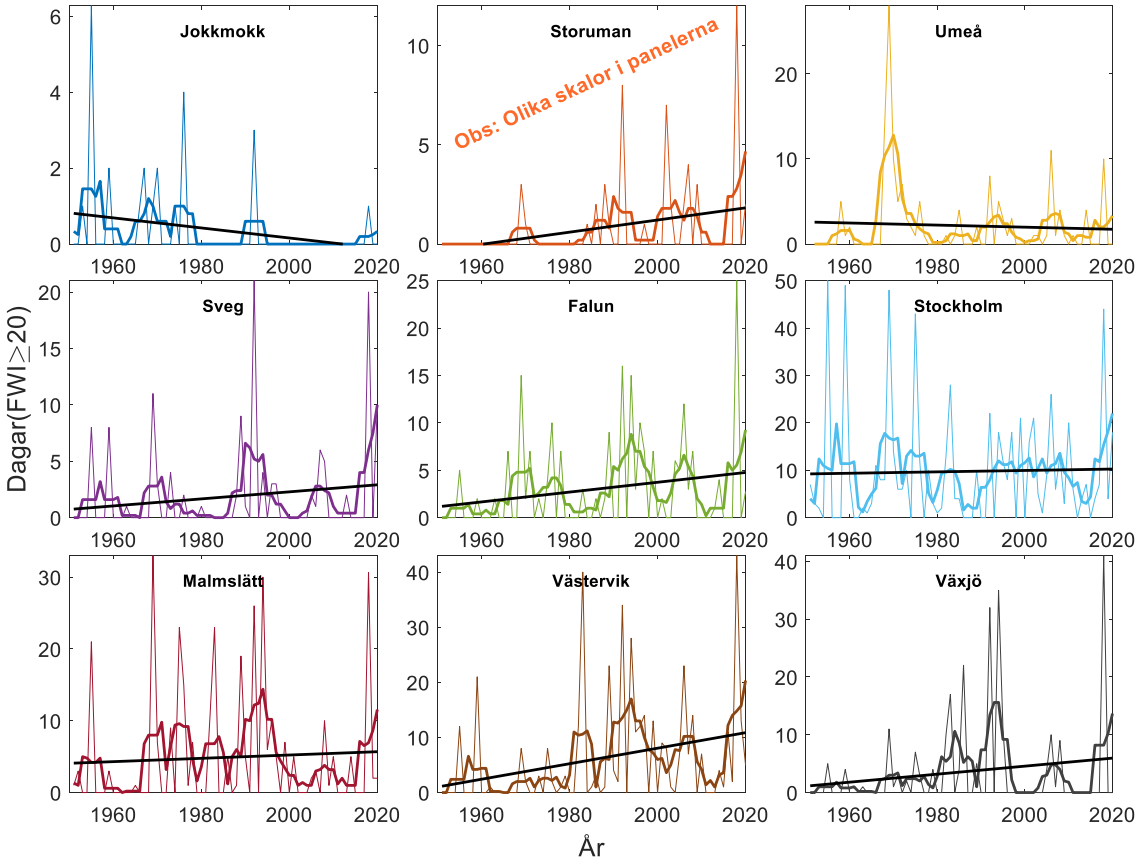

Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
DMC7x
År

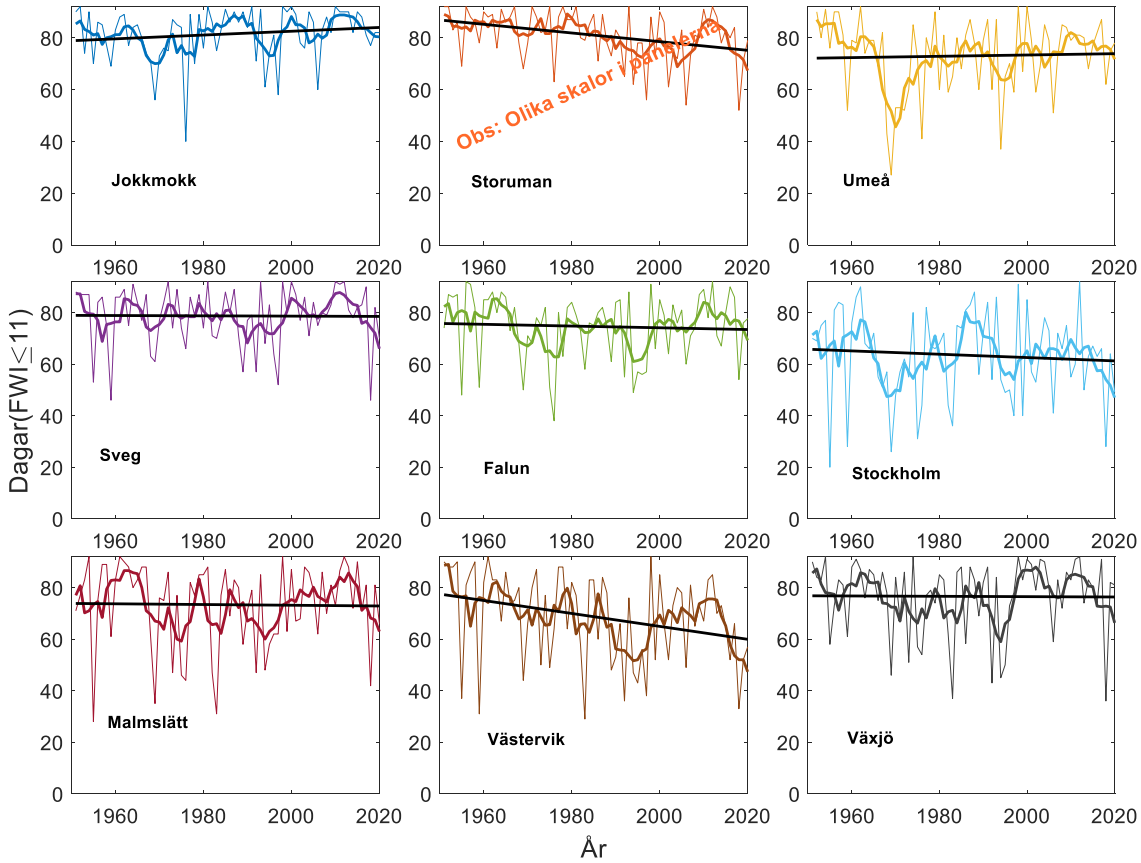

Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
FFMC7x
95
90
85
1960
1980
2000
2020
År


Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
DC7x
800
600
400
200
0
1960
1980
2000
2020
År


Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
SSR (jja)
År


Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
SSR
År


Jokkmokk
Storuman
Obs: Olika skalor i panelerna
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
Dagar(FWI≥20)
År


Jokkmokk
Storuman
Obs: Olika skalor i panelerna
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
Dagar(FWI≤11)
År

Underindex och väderparametrars påverkan på FWI7x-förändringar

Vi beräknar bidraget till förändringarna i FWI7x för varje lokal genom att dela först ta fram 7-dagars medelvärden för alla underindex (ISI, BUI, FFMC, DMC, DC) samt de bidragande väderparametrarna (T, Vind, RH) vid tidpunkten för varje säsongs maximala FWI7-värde. Vi samlar dessutom in kumulativa sommarnederbörden (R_{DC}) samt medel av middagstemperaturen (Tm) under innevarande säsong fram till denna tidpunkt.

För varje av dessa indikatorer gör vi sedan en linjär anpassning över åren 1951 till 2020. Från alla dessa anpassningar får vi ut värden vid 1951 och 2020 (exempelvis $ffmc_{1951}$, $ffmc_{2020}$, rh_{1951} och rh_{2020}). Vi modellerar sedan hur förändringen i dessa linjära approximationer påverkar förändringen i FWI7x. De förändringar som inte förklaras av förändringarna i indikatorerna hänvisas till 'övrigt', som alltså tar exempel som hur nederbörden är fördelad undersäsongen. Bidragen till förändringarna beräknas enligt:

FWI7x. (Fördelar förändringen på Δ_{ISI}, Δ_{BUI} och $\Delta_{Övrigt}$)

- Vi beräknar hur enbart ISI och BUI påverkar genom $FWI_{ISI} = FWI(isi_{2020}, bui_{1951}) - FWI(isi_{1951}, bui_{1951})$; $FWI_{BUI} = FWI(isi_{1951}, bui_{2020}) - FWI(isi_{1951}, bui_{1951})$.
- Total modellförändring: $\Delta M = FWI(isi_{2020}, bui_{2020}) - FWI(isi_{1951}, bui_{1951})$
- $\Delta_{ISI} = FWI_{ISI} \times \Delta M/(FWI_{ISI} + FWI_{BUI})$: $\Delta_{BUI} = FWI_{ISI} \times \Delta M/(FWI_{ISI} + FWI_{BUI})$
- $\Delta_{övrigt} = FWI7x_{2020} - FWI7x_{1951} - \Delta_{ISI} - \Delta_{BUI}$

ISI (Δ_{FFMC}, Δ_{Vind} och $\Delta_{Övrigt}$)

- $ISI_{FFMC} = ISI(m_{2020},vind_{1951})$: $ISI_{Vind} = ISI(m_{1951}, vind_{2020})$
- Total modellförändring: $\Delta M = ISI(m_{2020}, vind_{2020}) - FWI(m_{1951}, vind_{1951})$
- $\Delta_{FFMC} = ISI_{FFMC} \times \Delta M/(ISI_{FFMC}+ISI_{Vind})$: $\Delta_{Vind} = ISI_{Vind} \times \Delta M/(ISI_{FFMC}+ISI_{Vind})$
- $\Delta_{övrigt} = ISI_{2020} - ISI_{1951} – \Delta_{FFMC} – \Delta_{FFMC}$

BUI (Δ_{DMC}, Δ_{DC} och $\Delta_{Övrigt}$)

- $BUI_{DMC} = BUI(dmc_{2020}, dc_{1951}) - BUI(dmc_{1951}, dc_{1951})$:
  $BUI_{DC} = BUI(dmc_{1951}, dc_{2020}) - BUI(dmc_{1951}, dc_{1951})$
- Total modellförändring: $\Delta M = BUI(dmc_{2020}, dc_{2020}) - BUI(dmc_{1951}, dc_{1951})$
- $\Delta_{DMC} = BUI_{DMC} \times \Delta M/(BUI_{DMC}+BUI_{DC})$: $\Delta_{DC} = BUI_{DC} \times \Delta M/(BUI_{DMC}+BUI_{DC})$
- $\Delta_{övrigt} = BUI_{2020} - BUI_{1951} – \Delta_{DMC} – \Delta_{DC}$

FFMC (Δ_{RH}, Δ_{T}, Δ_{Vind} och $\Delta_{Övrigt}$)

- Beräkna F_{2020} genom 4 iterationer av FFMC med startindex $ffmc_{1951}$ och ingående index: regn=0, rh_{2020}, T_{2020}, $vind_{2020}$.
- Beräkna $FFMC_{RH} = F_{2020} - [FFMC(F_{RH},m_{RH},regn=0,rh_{1951},T_{2020},vind_{2020})]_{4\ iterationer}$
- $FFMC_{T} = F_{2020} - [FFMC(F_{RH},m_{RH},regn=0,rh_{2020},T_{1951},vind_{2020})]_{X4}$
- $FFMC_{vind} = F_{2020} - [FFMC(F_{RH},m_{RH},regn=0,rh_{2020},T_{2020},vind_{1951})]_{X4}$
- $\Delta M = [FFMC(2020\ \text{års värdem})]_{X4} - [FFMC(1951\ \text{års värdem})]_{X4}$ (starta på $ffmc_{1951}$)
- $\Delta_{RH} = FFMC_{RH} \times \Delta M/(FFMC_{RH}+ FFMC_{T}+FFMC_{vind})$
- $\Delta_{T} = FFMC_{T} \times \Delta M/(FFMC_{RH}+ FFMC_{T}+FFMC_{vind})$

- $\Delta_{vind} = FFMC_{vind} \times \Delta M/(FFMC_{RH} + FFMC_T + FFMC_{vind})$
- $\Delta_{övrigt} = FFMC_{2020} - FFMC_{1951} - \Delta_{RH} - \Delta_T - \Delta_{vind}$

DMC(Δ_T, Δ_{RH} och $\Delta_{Övrigt}$)

- Använd 12 iterationer av DMC i juli månad
- $P_{1951} = [DMC(Pi, M_i, regn=0, rh_{1951}, T_{1951})]_{X12}$, startindex är dmc_{1951}.
- $DMC_{RH} = [DMC(Pi, M_i, regn=0, rh_{2020}, T_{1951})]_{X12} - P_{1951}$
- $DMC_T = [DMC(Pi, M_i, regn=0, rh_{1951}, T_{2020})]_{X12} - P_{1951}$
- $DMC_{vind} = [DMC(Pi, M_i, regn=0, rh_{1951}, T_{1951})]_{X12} - P_{1951}$
- $\Delta M = [DMC(Pi, M_i, regn=0, rh_{2020}, T_{2020})]_{X12} - P_{1951}$
- $\Delta_{RH} = DMC_{RH} \times \Delta M/(DMC_{RH} + DMC_T)$
- $\Delta_T = DMC_T \times \Delta M/(DMC_{RH} + DMC_T)$
- $\Delta_{övrigt} = DMC_{2020} - DMC_{1951} - \Delta_{RH} - \Delta_T$

DC (Δ_T, Δ_{Regn} och $\Delta_{Övrigt}$)

- Beräkna ökningen av vattenmängden pga absorberat regn i DC-koden för 1951 och 2020 års nivåer från antal dagar med regn över 2.8 mm ($Rdagar_{DC}$) och ackumulerat regn i DC-koden (R_{DC}).
- $DQr_{1951} = 1.3937 \times (0.83R_{DC1951} - 1.27Rdagar_{DC1951})$, samma för 2020.
- D0 är medelvärdet av dc_{1951} och dc_{2020}. Q0 är motsvarande Q-värde.
- $\Delta_{Regn} = 400\times\log(800/(Q0+DQr_{2020})) - 400\times\log(800/(Q0+DQr_{1951}))$
- $\Delta_T = 0.5\times((0.36\times(Tm_{2020}+2.8)+6.4)\times dagar_{1951}-(0.36\times(Tm_{1951}+2.8)+6.4)\times days_{1951})$
- $\Delta_{övrigt} = DC_{2020} - DC_{1951} - \Delta_{Regn} - \Delta_T$

Vi samlar därefter in hur mycket RH förändringar påverkade DMC och FFMC samt hur dessa i sin tur påverkade BUI och ISI och därefter vad påverkan blir till FWI7x. Samma sak görs för temperaturen, regneffekter och för 'övrigt'. Tabellen nedan beskriver hur förändringen av FWI7x delar upp sig, först på underindex ISI och BUI, därefter på FFMC, DMC, DC vind och övrigt och till sist på väderparametrarna RH, temperatur, regn och kategorin 'övrigt'.

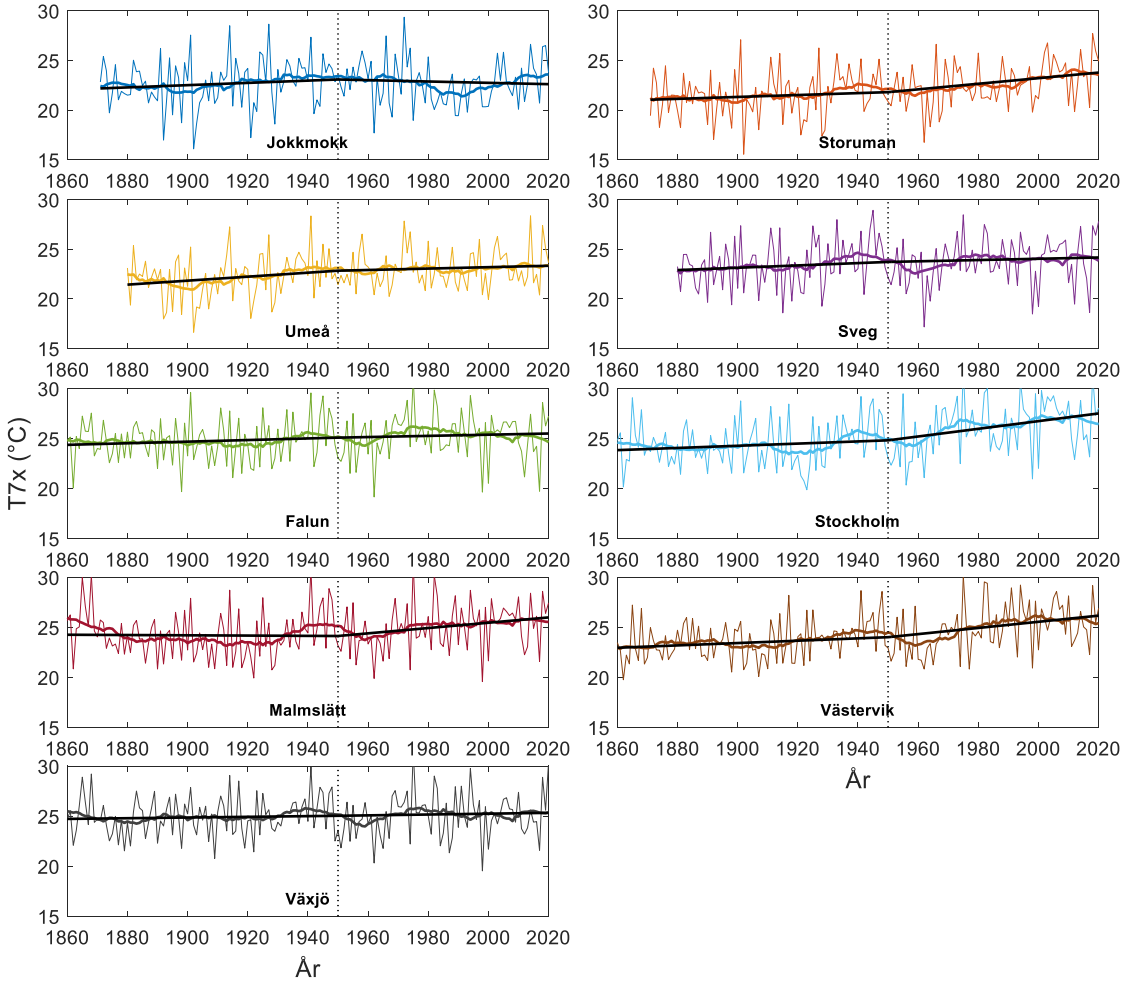
Tabell 8. Bidraget från underindex och väderindikatorer till förändring av FWI7x (betecknat ΔFWI7x). Inom parentes visas förändringarna i parametern för trenden av 7-dagars medel vid tiden för FWI7x för varje säsong.

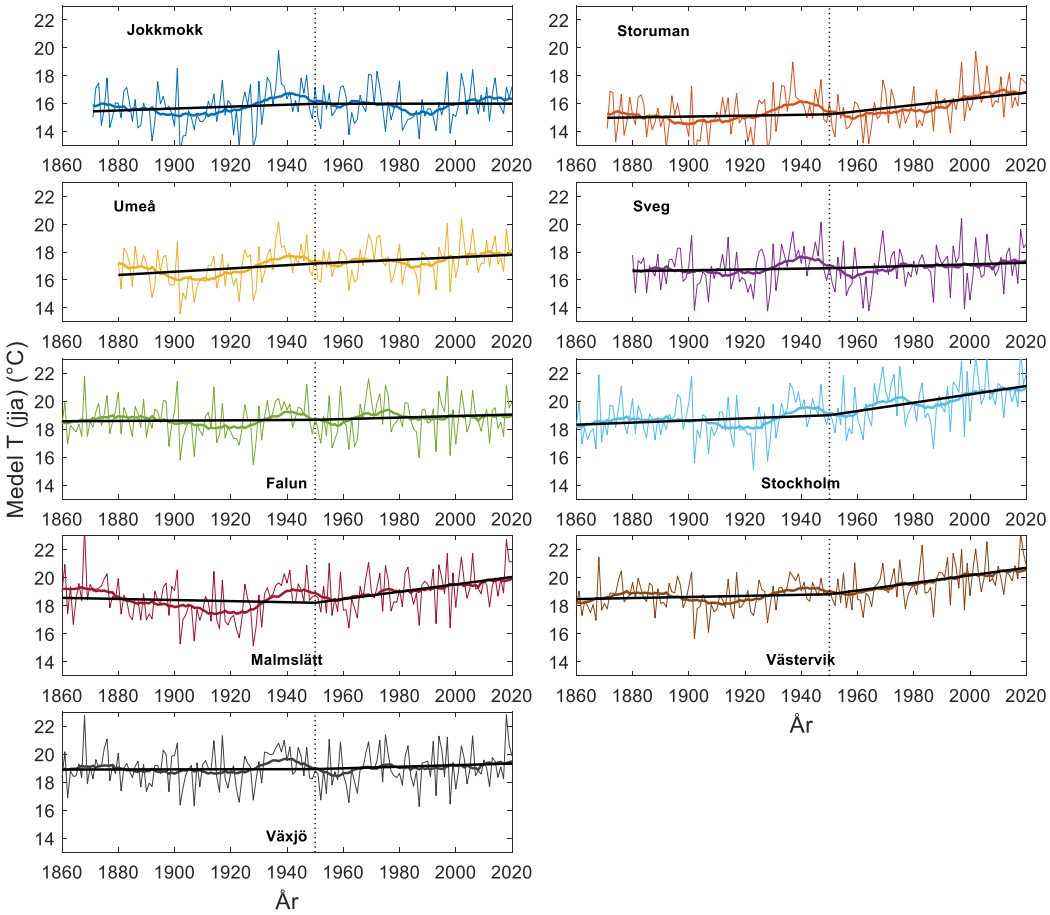
Lokal	ΔFWI7x	Förändring av ISI/BUI	Bidrag ΔFWI7x	Förändring av fuktindex och vind	Bidrag ΔFWI7x	Förändring av väderparametrar	Bidrag ΔFWI7x
Jokkmokk	-1.22	ΔISI (+0.08)	+0.18	ΔFFMC (-0.12)	-0.17	RH (+1.6 %)	-0.19
				ΔDMC (-5.97)	-0.69	Temp (+1.4 °C)	+0.45
		ΔBUI (-12.2)	-1.61	ΔDC (-87)	-1.05	Vind (+0.06 ms^{-1})	+0.03
				Δvind (+0.06 ms^{-1})	+0.03	Regn (+32 mm)	-0.75
				Övrigt	+0.44	Övrigt	-0.76
Storuman	+6.2	ΔISI (+1.9)	+4.38	ΔFFMC (+3.3)	+4.59	RH (-11 %)	+3.48
				ΔDMC (+14.7)	+1.54	Temp (+5.6 °C)	+2.93
		ΔBUI (+15.0)	+1.8	ΔDC (+17.0)	+0.17	Vind (-1.3 ms^{-1})	-0.49
				Δvind (-1.3 ms^{-1})	-0.49	Regn (+14 mm)	-0.24
				Övrigt	+0.38	Övrigt	+0.51
Umeå	+0.24	ΔISI (+0.1)	+0.30	ΔFFMC (-0.3)	-0.45	RH (+1.3 %)	+0.01
				ΔDMC (-3.3)	-0.21	Temp (+0.5 °C)	+0.29
		ΔBUI (+0.5)	+0.07	ΔDC (+36.4)	+0.26	Vind (+0.4 ms^{-1})	+0.23
				Δvind (+0.4 ms^{-1})	+0.23	Regn (+24 mm)	-0.18
				Övrigt	+0.53	Övrigt	-0.11
Sveg	+2.2	ΔISI (+0.8)	+1.72	ΔFFMC (+1.3)	+1.76	RH (-4.0 %)	+1.32
				ΔDMC (+3.7)	+0.44	Temp (+3.9 °C)	+2.28
		ΔBUI (+5.0)	+0.71	ΔDC (+20.9)	+0.29	Vind (-1.5 ms^{-1})	-0.66
				Δvind (-1.5 ms^{-1})	-0.66	Regn (+17 mm)	-0.24
				Övrigt	+0.60	Övrigt	-0.48
Falun	+4.06	ΔISI (+2.0)	+4.53	ΔFFMC (+2.3)	+3.90	RH (-9.4 %)	+3.71
				ΔDMC (+3.0)	+0.35	Temp (+1.3 °C)	+0.34
		ΔBUI (-3.6)	-0.41	ΔDC (-72.3)	±0	Vind (+0.7 ms^{-1})	+0.35
				Δvind (+0.7 ms^{-1})	+0.35	Regn (+34 mm)	±0.0
				Övrigt	-0.47	Övrigt	-0.63
Stockholm	+3.8	ΔISI (+0.6)	+1.38	ΔFFMC (+1.4)	+2.72	RH (-1.3%)	+0.57
				ΔDMC (+8.2)	+0.86	Temp (+3.8°C)	+2.94
		ΔBUI (+16.5)	+2.11	ΔDC (+94.0)	+1.17	Vind (-1.0 ms^{-1})	-0.59
				Δvind (-1.0 ms^{-1})	-0.59	Regn (+69 mm)	-1.47
				Övrigt	-0.67	Övrigt	+2.36
Malmslätt	+2.7	ΔISI (+0.34)	+0.82	ΔFFMC (+0.8)	+1.39	RH (-0.1 %)	+0.05
				ΔDMC (+10.4)	+1.06	Temp (+3.6 °C)	+1.63
		ΔBUI (+14.9)	+1.85	ΔDC (+72.9)	+0.89	Vind (-0.3 ms^{-1})	-0.15
				Δvind (-0.3 ms^{-1})	-0.15	Regn (+94 mm)	-1.43
				Övrigt	-0.53	Övrigt	+2.55
Västervik	+12.7	ΔISI (+4.3)	+11.06	ΔFFMC (+4.4)	+9.06	RH (-16 %)	+7.02
				ΔDMC (+20.9)	+1.79	Temp (+4.1 °C)	+2.54
		ΔBUI (+18.5)	+1.86	ΔDC (-8.7)	-0.06	Vind (+3.3 ms^{-1})	+1.86
				Δvind (+3.24 ms^{-1})	+1.85	Regn (+57 mm)	-0.66
				Övrigt	+0.29	Övrigt	-1.93
Växjö	+2.1	ΔISI (+0.5)	+1.32	ΔFFMC (+0.3)	+0.55	RH (+0.7 %)	-0.05
				ΔDMC (+12.2)	+1.22	Temp (-0.1 °C)	+0.42
		ΔBUI (+11.0)	1.36	ΔDC (+17.6)	+0.21	Vind (+1.4 ms^{-1})	+0.81
				Δvind (-1.4 ms^{-1})	+0.81	Regn (+11 mm)	-0.21
				Övrigt	-0.12	Övrigt	-1.08
Medel	**+3.6**	**ΔISI (+1.18)**	**+2.85**	**ΔFFMC (+1.5)**	**+2.61**	**RH (-4.3 %)**	**+1.78**
				ΔDMC (+7.1)	**+0.72**	**Temp (+2.7 °C)**	**+1.57**
		ΔBUI (+7.29)	**+0.86**	**ΔDC (+10.1)**	**+0.10**	**Vind (-0.2 ms^{-1})**	**+0.13**
				Δvind (-0.2 ms^{-1})	**+0.13**	**Regn (+39 mm)**	**-0.59**
				Övrigt	**+0.15**	**Övrigt**	**+0.74**

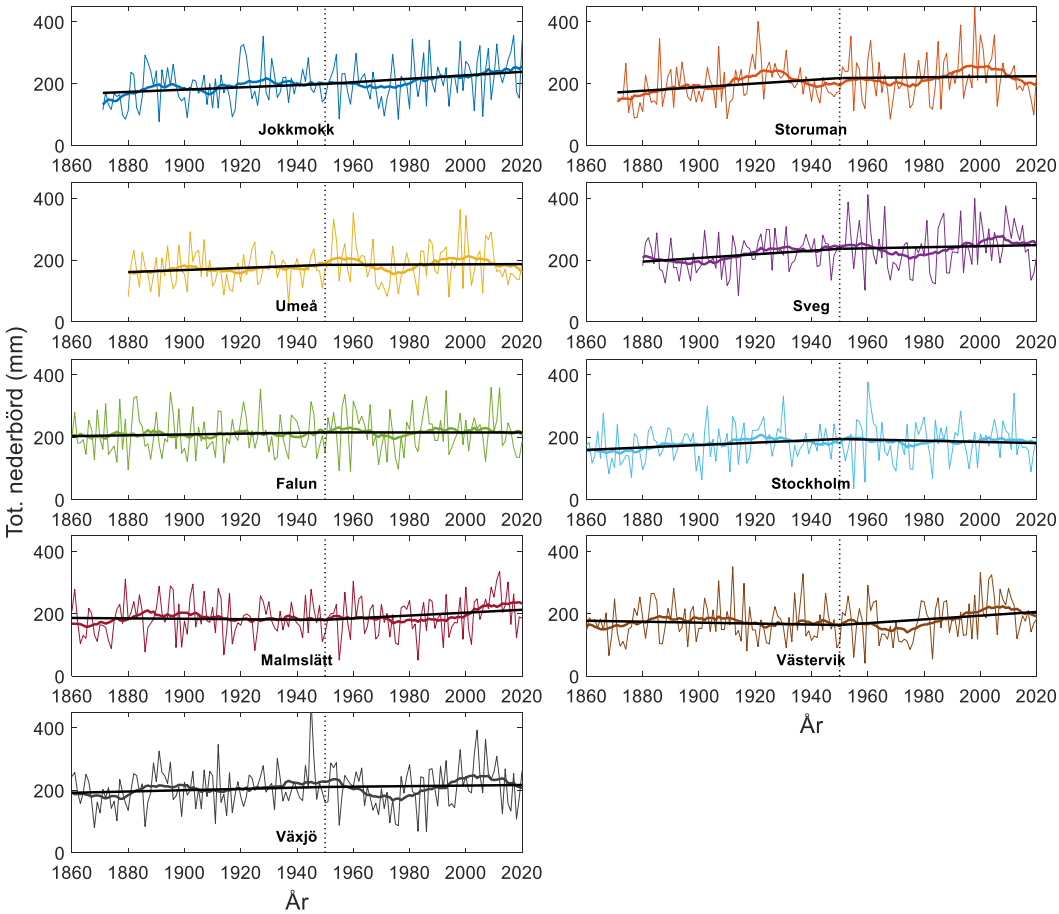
Bilaga 3 - Tidsserier över alla indikatorer 1860 – 2020

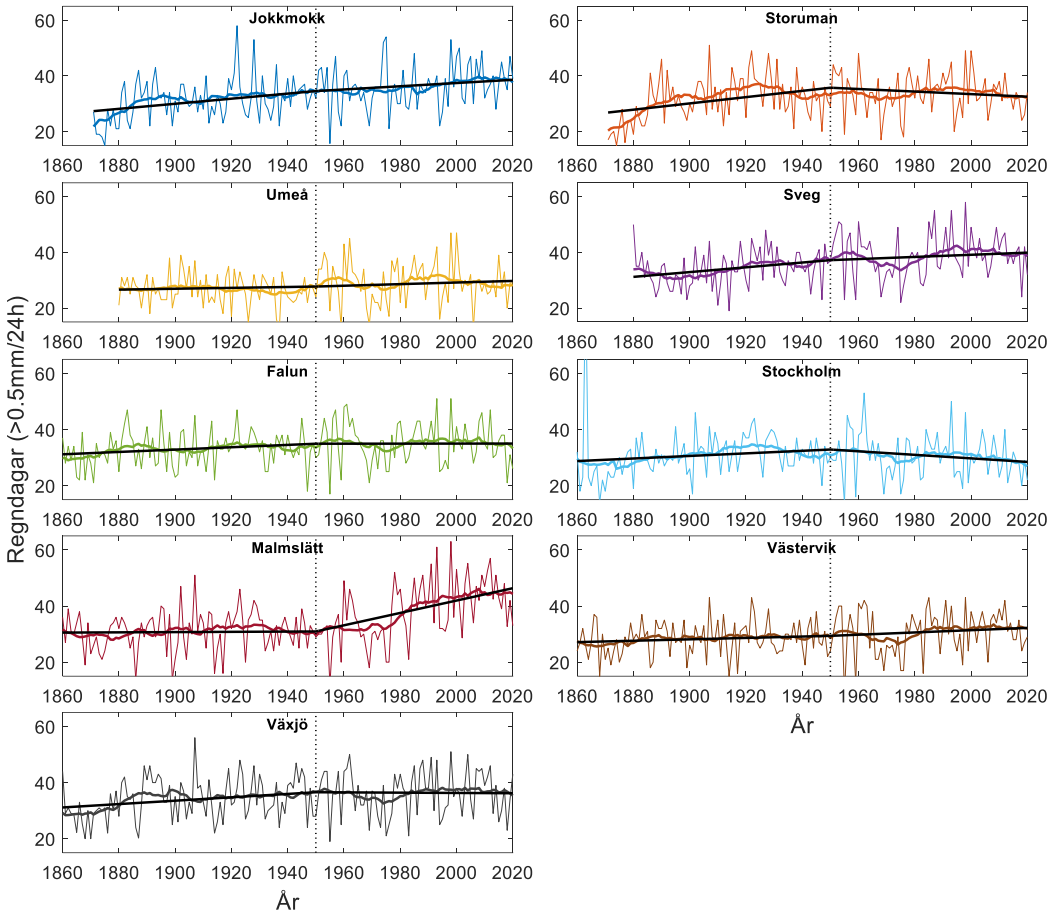
Hör presenteras tidsserier med säsongskarakteristiska värden på väderindikatorer och brandriskindex från 1860 till 2020. Liksom i resultatdelen så anpassas data med en bi-linjär funktion med brytpunkt vid 1950.

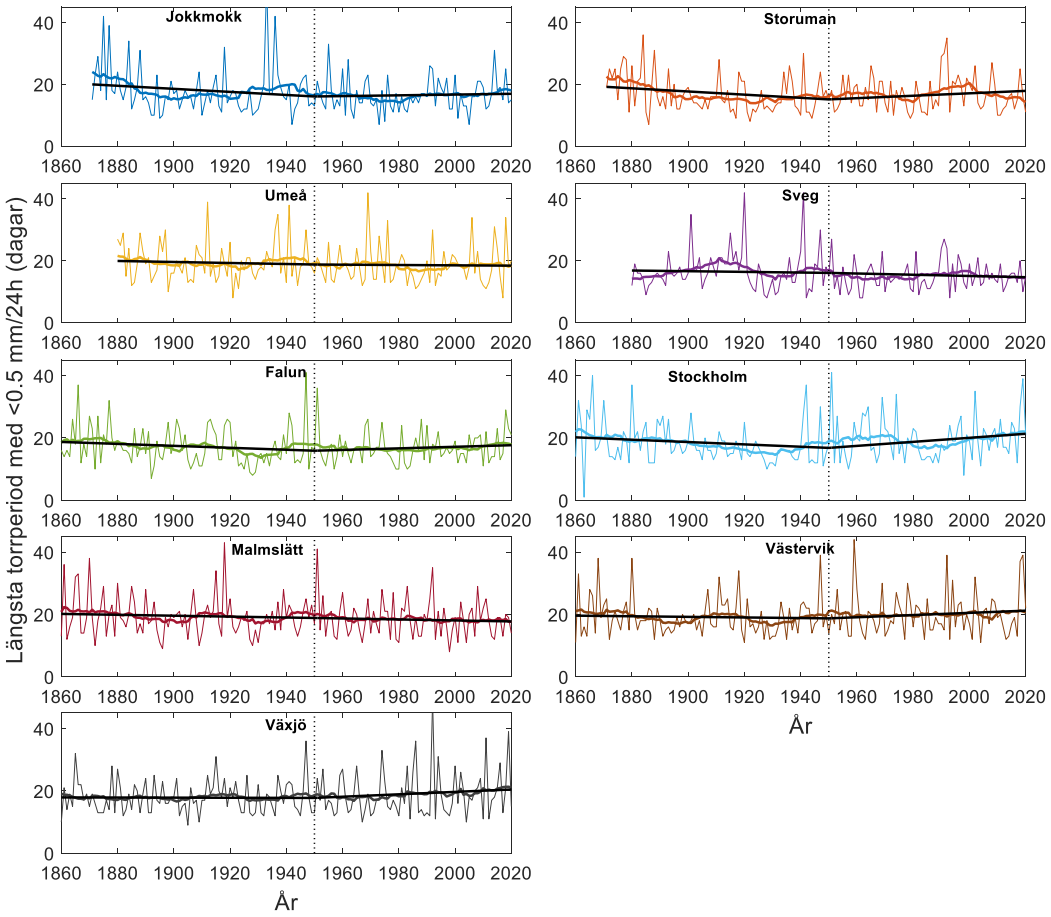
Säsongskarakteristik väderindikatorer 1860-2020



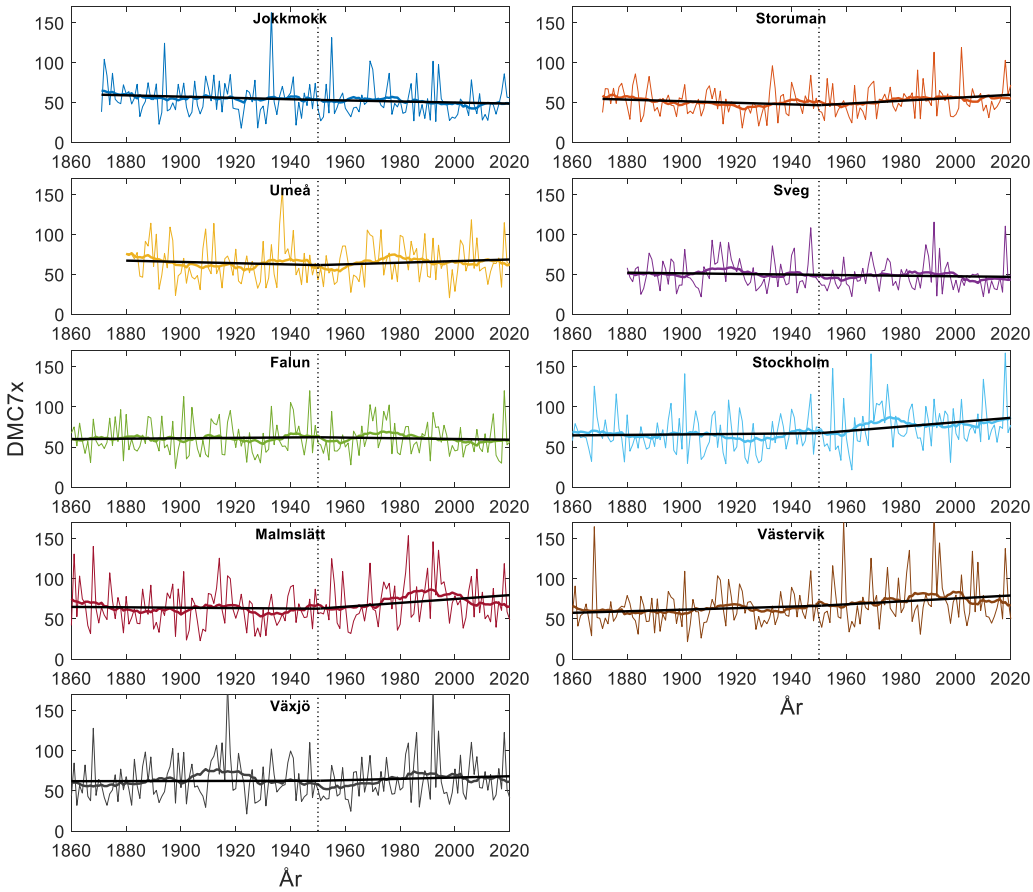

Medel T (jja) (°C)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
22
20
18
16
14
1860 1880 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2020
År

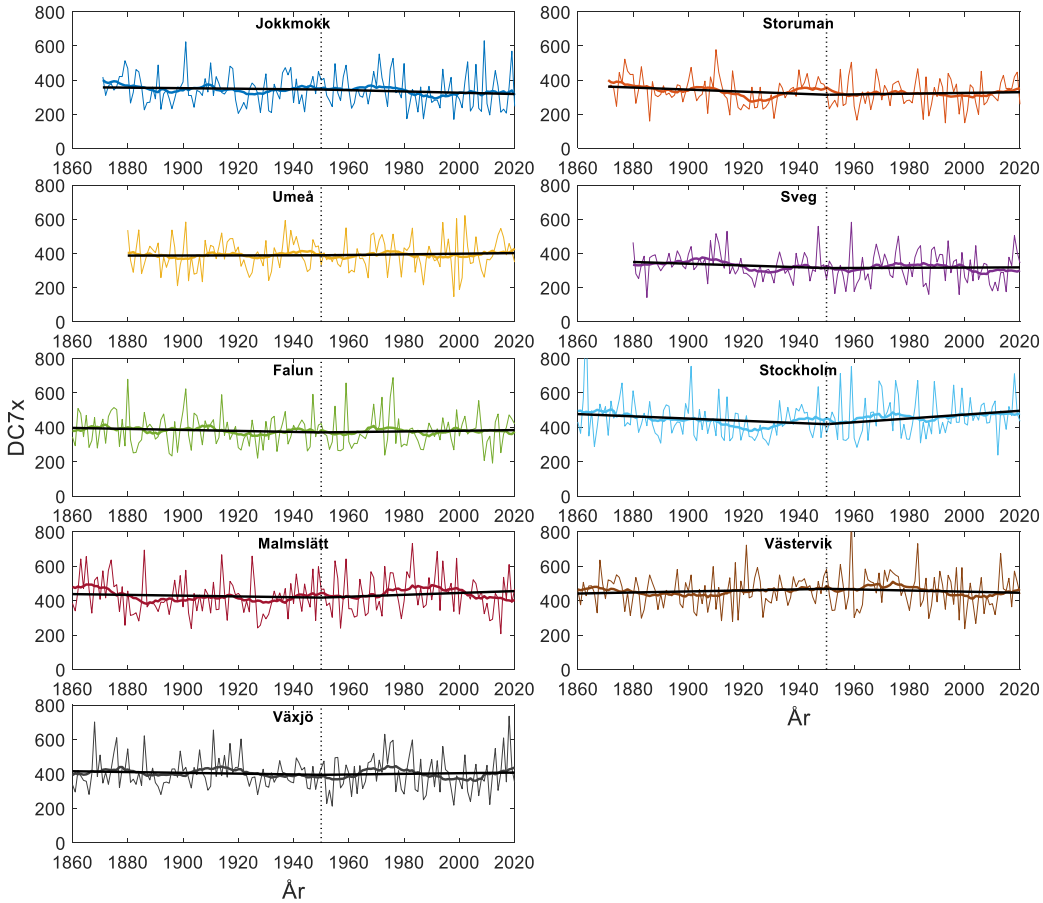

Tot. nederbörd (mm)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
400
200
0
1860 1880 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2020
År

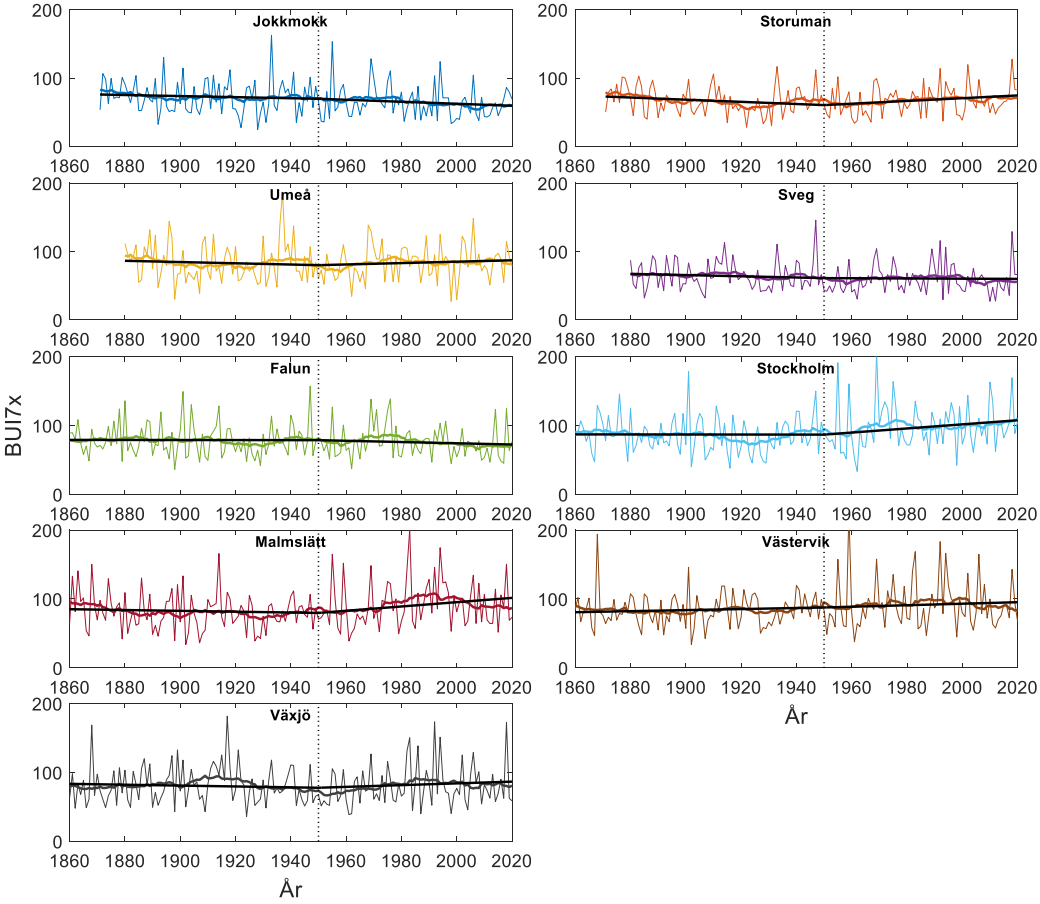

Regndagar (>0.5mm/24h)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
60
40
20
1860 1880 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2020
År

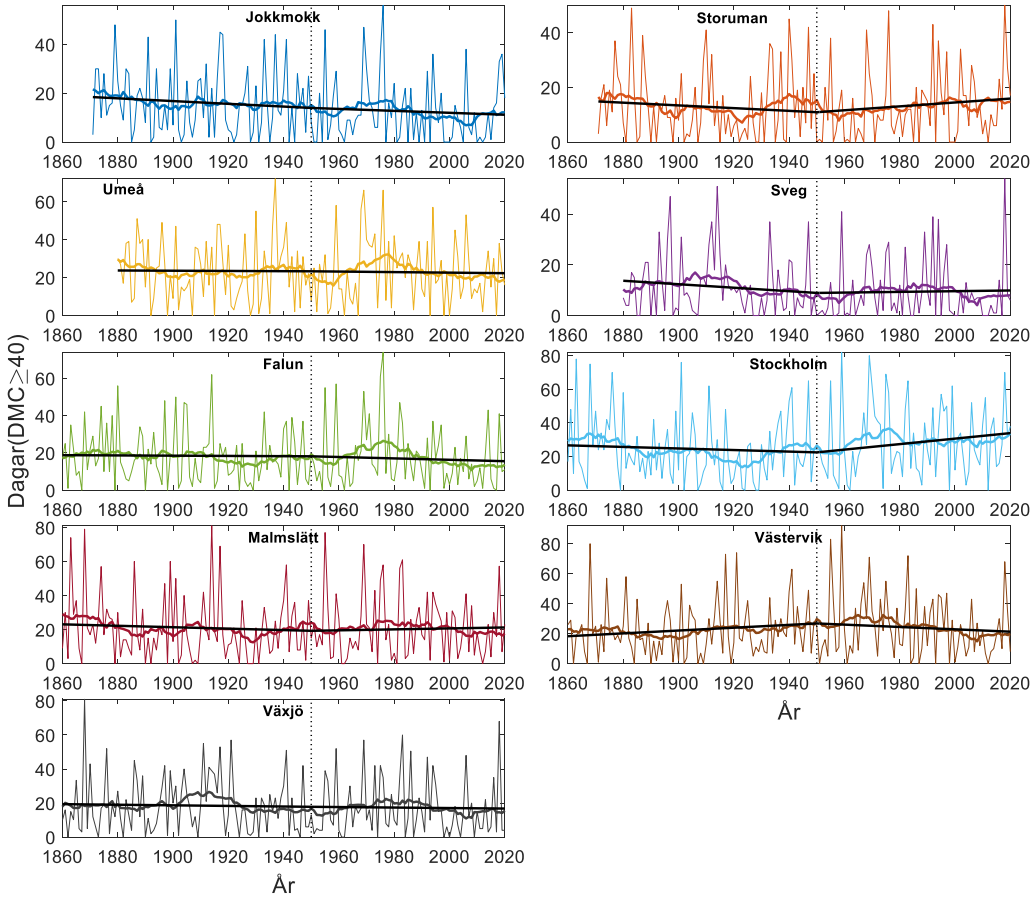

Längsta torrperiod med <0.5 mm/24h (dagar)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
40
20
0
1860 1880 1900 1920 1940 1960 1980 2000 2020
År

Säsongskarakteristik riskindex 1860-2020






BUI7x
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
0
100
200
1860
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
År


Dagar(DMC≥40)
Jokkmokk
Storuman
Umeå
Sveg
Falun
Stockholm
Malmslätt
Västervik
Växjö
0
20
40
60
80
1860
1880
1900
1920
1940
1960
1980
2000
2020
År

Bilaga 4 – Datafiler med sammanställda tidsserier

Till rapporten hör sammanställd och beräknad daglig/årlig data för alla lokaler. Det finns fyra olika typer av filer för varje lokal. För exemplet 'Västervik' ser filerna ut som följer:

Säsongskarakteristiska värden för varje år 1951-2020

Namn	'Annuals full Vastervik 1951-2020.xlsx'
Beskrivning	Säsongskarakteristiska väder och brandriskindex (1951 - 2020) för Västervik
Kolumn 1(A)	Year
Kolumn 2(B)	Average Temp at 12.00. For June 1st – August 31st (JJA) (°C)
Kolumn 3(C)	T7x (°C)
Kolumn 4(D)	RH at 12.00 UTC (Average JJA) (%)
Kolumn 5(E)	RH7x
Kolumn 6(F)	10-m open wind speed 12.00 UTC (Average JJA) (ms^{-1})
Kolumn 7(G)	Max 7-day aver. wind speed when also FFMC>85 & DMC>20 (ms^{-1})
Kolumn 8(H)	Total rain (JJA) (mm)
Kolumn 9(I)	Number of days with rain (JJA)
Kolumn 10(J)	Number of days with >0.5 mm/24h (JJA)
Kolumn 11(K)	Longest dryspell (days)
Kolumn 12(L)	Longest dryspell with <0.5 mm/24h (days)
Kolumn 13(M)	DRSx
Kolumn 14(N)	DRS7x
Kolumn 15(O)	SSR (JJA)
Kolumn 16(P)	SSR (snow melt to October 31st)
Kolumn 17(Q)	FWIx
Kolumn 18(R)	FWI7x
Kolumn 19(S)	Average FWI (JJA)
Kolumn 20(T)	DMCx
Kolumn 21(U)	DMC7x
Kolumn 22(V)	Average DMC (JJA)
Kolumn 23(W)	FFMCx
Kolumn 24(X)	FFMC7x
Kolumn 25(Y)	Average FFMC (JJA)
Kolumn 26(Z)	ISIx
Kolumn 27(AA)	ISI7x
Kolumn 28(AB)	Average ISI (JJA)
Kolumn 29(AC)	DCx
Kolumn 30(AD)	DC7x
Kolumn 31(AE)	Average DC (JJA)
Kolumn 32(AF)	BUIx
Kolumn 33(AG)	BUI7x
Kolumn 34(AH)	Average BUI (JJA)
Kolumn 35(AI)	Number of days with (FWI<11) (JJA)
Kolumn 36(AJ)	Number of days with (FWI>20) (JJA)
Kolumn 37(AK)	Number of days with DMC<10 (JJA)
Kolumn 38(AL)	Number of days with DMC>40 (JJA)

Säsongskarakteristiska värden med alla index för varje år 1860-2020

Namn	'Annuals Vastervik 1860-2020.xlsx'
Beskrivning	Säsongskarakteristiska väder och brandriskindex För varje år (1860 - 2020) för Västervik
Kolumn 1(A)	Year
Kolumn 2(B)	Average Temperature at 12.00. For June 1st – August 31st (JJA)
Kolumn 3(C)	T7x
Kolumn 4(D)	Total rain (JJA) (mm)
Kolumn 5(E)	Number of days with rain (JJA)
Kolumn 6(F)	Number of days with <0.5 mm/24h (JJA)
Kolumn 7(G)	Longest dryspell (days)
Kolumn 8(H)	Longest dryspell with <0.5 mm/24h (days)
Kolumn 9(I)	DMCx
Kolumn 10(J)	DMC7x
Kolumn 11(K)	Average DMC (JJA)
Kolumn 12(L)	DCx
Kolumn 13(M)	DC7x
Kolumn 14(N)	Average DC (JJA)
Kolumn 15(O)	BUIx
Kolumn 16(P)	BUI7x
Kolumn 17(Q)	Average BUI (JJA)
Kolumn 18(R)	Number of days with DMC<10 (JJA)
Kolumn 19(S)	Number of days with DMC>40 (JJA)

Väder och brandrisk för varje dag och säsong (1860-2020)

Namn	'DMC Vastervik 1860-2020.xlsx'
Beskrivning	Väder och uppskattade DMC/DC/BUI varje dag (1860 - 2020) från snösmältning till 31:a oktober enligt CFFWIS för Västervik
Kolumn 1(A)	Date (YYYYMMDD)
Kolumn 2(B)	Year
Kolumn 3(C)	Month
Kolumn 4(D)	Day
Kolumn 5(E)	Ordinal day
Kolumn 6(F)	Year (decimal)
Kolumn 7(G)	Date YYYYMMDD
Kolumn 8(H)	DMC
Kolumn 9(I)	M (%)
Kolumn 10(J)	DC
Kolumn 11(K)	Q
Kolumn 12(L)	BUI (U)
Kolumn 13(M)	Rain (mm/24h)
Kolumn 14(N)	Temperature 12:00 UTC
Kolumn 15(O)	Estimated RH 12.00 UTC
Kolumn 16(P)	Latitude (WGS84)

Väder och uppskattad brandrisk för varje dag och säsong (1951-2020)

Term	
Namn	’FWI Vastervik 1951-2020.xlsx’
Beskrivning	Väder och brandriskindex varje dag (1951 - 2020) från snösmältning till 31:a oktober enligt CFFWIS för Västervik
Kolumn 1(A)	Date (YYYYMMDD)
Kolumn 2(B)	Year
Kolumn 3(C)	Month
Kolumn 4(D)	Day
Kolumn 5(E)	Ordinal day
Kolumn 6(F)	Temperature 12:00 UTC
Kolumn 7(G)	RH (%)
Kolumn 8(H)	10-m open wind speed 12.00 UTC (ms-1)
Kolumn 9(I)	Rain (mm/24h)
Kolumn 10(J)	FFMC
Kolumn 11(K)	m (%)
Kolumn 12(L)	DMC
Kolumn 13(M)	M (%)
Kolumn 14(N)	DC
Kolumn 15(O)	Q
Kolumn 16(P)	ISI
Kolumn 17(Q)	BUI
Kolumn 18(R)	FWI
Kolumn 19(S)	Ordinal day/365
Kolumn 20(T)	DRS
Kolumn 21(U)	DMC7 (7-days DMC average)
Kolumn 22(V)	FWI7 (7-days FWI average)
Kolumn 23(W)	DSR7 (7-days FWI average)

Motsvarande filer finns för alla nio lokaler.

Data får användas fritt om källan citeras.