Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

FORSKNING/ STUDIE

Förstudie – Framtida detektion av vegetations- och skogsbränder

Förstudie – Framtida detektion av vegetations- och skogsbränder

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
Enhet: RO-NB

Text: Johan Björck, Sweco
Tryck: DanagårdLiTHO
Produktion: Advant

Publikationsnummer: MSB1725 - mars 2021
Tidigare utgiven: Nej
ISBN: 978-91-7927-125-1

MSB har beställt och finansierat genomförandet av denna studierapport.
Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Innehåll

Sammanfattning 6

Summary 7

1. Introduktion 8
1.1 Syfte 9
1.2 Mål 9
1.3 Frågeställningar 9
1.4 Avgränsningar 10
1.5 Disposition 10
1.6 Begrepp & definitioner 10

2. Metod 12
2.1 Övergripande metod 12
2.2 Metod för litteraturstudien 12
2.3 Metod för intervjustudien 12

3. Detektionsmetoder som används idag 13
3.1 Allmänheten 13
3.2 Brandflyg 13
3.3 Brandtorn 15
3.4 Satellit 16
3.5 Kamera 20
3.5.1 Värmedetektering 20
3.5.2 Rökdetektering 21
3.5.3 Flam- och glöddetektering 23
3.6 Kemisk detektion 24

4. Framtida potentiella detektionsmetoder 26
4.1 Radardetektering 26
4.2 Lidardetektering 30

5. Generella aspekter för samtliga detekteringsmetoder 32
5.1 Detektering från marken eller luften 32
5.2 Detektering från bemannade eller obemannade flygande enheter 33
5.3 Informationssäkerhet och andra lagkrav 35

6. Detektionsmetoder i Sverige **36**
6.1 Historisk tillbakablick 36
6.2 Nuläget i Sverige 37
6.2.1 Förslag på förbättringsåtgärder för nulägets detekteringsmetoder i Sverige 40
6.3 Detekteringskoncept i Sverige 42
6.3.1 Satellitdetektering 42
6.3.2 Radardetektering 42
6.3.3 Kameradetektering 43
6.3.4 Drönarbaserat brandflyg 43
6.3.5 Kombination av ingångsvärden och/eller metoder 44
6.3.6 Generellt för den framtida branddetekteringsverksamheten 44
6.4 Synergieffekter 45
6.5 Implementering 47
6.6 Kostnader och resurser 48

7. Uppslag för framtida analyser och studier **50**

8. Diskussion **53**
8.1 Utvärdering av olika detekteringsmetoder 53
8.2 Allemansrätten och kostnader för branddetektering 54
8.3 Övriga aspekter från intervjustudien 55

9. Slutsatser **57**

Referenser **58**

Bilaga A. Litteraturstudien **61**

Bilaga B. Intervjustudien **63**

Sammanfattning

Med cirka 70 procent skogbevuxen yta och en framtid som spås medföra ett både varmare och torrare klimat har tidig upptäckt av vegetations- och skogsbränder bedömts bli alltmer viktigt i Sverige.

Under 60-talet slutade Sverige att använda brandtorn för att detektera potentiella vegetations- och skogsbränder och påbörjade istället en detektionsverksamhet med hjälp av brandflyg. Sedan har, utöver allmänhetens inrapportering av potentiella bränder på eget initiativ, brandflyget utgjort Sveriges enda branddetektionsverksamhet för vegetations- och skogsbränder.

Runt om i världen används flera andra detekteringsmetoder jämfört med Sveriges. Brandflyget nyttjas i många länder, och fortfarande till viss del även brandtorn. Dock har detektering med hjälp av satellitunderlag och många olika typer av optiska sensorer kommit att användas i allt högre omfattning för att detektera bränder. Även i mindre skala har olika sensornätverk testats och nyttjats för kemisk branddetektion.

Det förekommer även studier och experiment angående nya detekteringsmetoder som ännu inte utgör operativa branddetekteringsalternativ. Branddetektion med hjälp av radar är en metod som under de senaste åren har vuxit i intresse som en potentiell metod. Även detektionssystem med hjälp av lidar har testats, men bedöms i nuläget inte som ett praktiskt och rimligt alternativ för att detektera bränder.

Förstudien är utarbetad av Sweco på uppdrag av MSB.

Summary

With forests covering around 70 percent of the land and a future where both warmer and dryer climate is likely; the importance of early vegetation and forest fire detection will increase in Sweden.

During the 1960s, Sweden quit using fire towers to detect possible vegetation and forest fires and instead started using fire detection airplanes. Since then, except reports called in by the public, the fire detection airplanes have constituted Sweden's only fire detection method for vegetation and forest fires.

Around the world, more diverse fire detection methods are used compared to Sweden's single method. However, fire detection airplanes are used around the world, and even fire towers are still used in some places. At the same time fire detection based on satellite data and many different optic sensors have come to be used increasingly to detect fires. Other sensor networks have been tested and used for chemical fire detection to a lesser extent.

Studies and experiments on new ways to detect fires that are not yet operative as detection methods can also be found. Fire detection with radar is a method that in the last years has grown in interest as a potential fire detection method. Even detection systems based on lidar have been tested but are deemed not to be a practical operative alternative to detect fires as of today.

The pre-study was prepared by Sweco at the request of MSB.

1. Introduktion

Sverige består till cirka 70 procent av skogbevuxen mark (SCB, 2019). Med en framtid som riskerar att medföra ett både varmare och torrare klimat med längre brandsäsonger, till följd av bland annat den globala uppvärmningen, kommer troligen större krav att ställas på tidig detektion av vegetations- och skogsbränder i Sverige[1].

Vegetations- och skogsbränder riskerar att resultera i omfattande mänskliga, materiella, ekonomiska och ekologiska skador (Ko, Park, & Nam, 2013; Dimitropoulos, o.a., 2012; Milz, 2013). Därutöver driver även vegetations- och skogsbränder själva på den globala uppvärmningen (Ko, Park, & Nam, 2013).

För att en släckinsats ska vara framgångsrik krävs bland annat tidig detektion så att den kan påbörjas medan branden är förhållandevis liten (Dimitropoulos, o.a., 2012; Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

Den vanligaste orsaken till skogsbränder som ledde till en släckinsats i Sverige under åren 2010–2019 var mänsklig aktivitet[2] som utgjorde cirka 42 procent av släckinsatserna. För övriga släckinsatser under samma period omfattade cirka 5 procent blixtnedslag samt cirka 4 procent gnistbildning och tåginbromsning. Dock förekommer ett visst mörkertal eftersom cirka 49 procent av släckinsatserna hade antingen okända brandorsaker eller omfattades av så kallade övriga brandorsaker i statistiken (MSB, 2020b).

Globalt sett inträffar årligen över 200 000 vegetations- och skogsbränder, som tillsammans omfattar en total landsarea om cirka 3 500 000–4 500 000 kvadratkilometer (Hua & Shao, 2016). Det kan jämföras med Sveriges totala landyta som omfattar cirka 407 300 kvadratkilometer (SCB, 2020). Antalet enskilda vegetations- och skogsbränder med omfattande konsekvenser har under de senare åren ökat i antal runt om i världen, vilket har belyst vikten av tidig och tillförlitlig detektion av bränder (Hua & Shao, 2016).

Ursprungligen användes brandtorn och/eller andra patrullerande brandvakter för att upptäcka vegetations- och skogsbränder, men dessa har börjat ersättas av olika fjärranalyser. De metoder som har börjat användas utgörs bland annat av detektering med hjälp av satellitunderlag, brandflyg, övervakning med hjälp av drönarmonterade sensorer, olika sammankopplade sensornätverk samt olika former av kamerasystem. Dessutom undersöks ytterligare teknikers potential till att detektera bränder, som exempelvis lidar och radar (Hua & Shao, 2016).

Bland annat har en drönarbaserad detektionslösning testats i USA mellan åren 2006 och 2010, där en fem ton tung drönare utförde långvariga flygningar på omkring 24 timmar och kunde bära en last på cirka ett ton. Drönaren detekterade bränder med hjälp av en multispektral sensor som hade en uppdateringsfrekvens på mellan fem och tio minuter. Andra drönarbaserade lösningar har dessutom testats i både Spanien och Portugal, men då användes istället flera mindre drönare (Tang & Shao, 2015).

---

1. För bakgrundsfakta angående vegetations- och skogsbränder, se publikationen Skogsbrandsläckning (Hansen, 2003) utgiven av Räddningsverket.

2. Med mänsklig aktivitet omfattas avsiktlig brand, barns lek med eld, grillning eller lägereld samt annan eldning.

Det har tidigare konstaterats att enbart förlita sig på mänskliga beslut vid bedömning av potentiella bränder inte är den mest effektiva metoden (Dimitropoulos, o.a., 2012). Detta pekar på att en teknisk detektionsmetod, eller med stöd av tekniska metoder, troligen skulle kunna vara ett alternativ för den framtida verksamheten i Sverige.

1.1 Syfte

Syftet med denna studie är att lägga fram förslag på framtida helhetskoncept för detektion av vegetations- och skogsbränder i Sverige. Den befintliga detektionsmetodiken ska även ses över med fokus på möjliga förbättringsåtgärder. Uppslag för framtida studier, analyser och eventuella tester med inriktning på tidig detektering av vegetations- och skogsbränder ska därefter identifieras.

1.2 Mål

Målet med denna studie är att genom en litteraturstudie samt en intervjuserie besvara ett antal frågeställningar i en rapport som ska kunna ligga till grund för MSB:s framtida inriktning för tidig detektion av vegetations- och skogsbränder.

1.3 Frågeställningar

Nedan redovisas studiens frågeställningar:

- Vilka detektionsmetoder används i omvärlden och vilka är deras styrkor och svagheter?
- Vilken försöksverksamhet, med avseende på detektionsmetoder, förekommer i omvärlden och i Sverige?
- Hur skulle befintliga samt framtida detektionsmetoder kunna implementeras i Sverige?
- Vilka förbättringsmöjligheter finns det för nuvarande detektionskoncept i Sverige?
- Vilka kostnader och resurser skulle ett implementerande i Sverige av respektive förbättringsåtgärd, alternativt ny metod, kräva?
- Vilka möjliga synergieffekter, alternativt integrerande, återfinns mellan de olika detektionsmetoderna?
- För Sverige, vilket är det mest optimala detektionskonceptet?
- Vilka behov av ytterligare analyser, studier och eventuella tester med inriktning på tidig detektering av vegetations- och skogsbränder finns?

1.4 Avgränsningar

Denna studie är avgränsad till att enbart omfatta detekteringsmetoder som kan identifiera påbörjade vegetations- och skogsbränder samt att lokalisera dessa.

Studien omfattar således inte prognostiseringsmetoder för att identifiera områden med ökad brandrisk eller metoder för att fastslå konsekvenserna av en inträffad brand. Metoder för att bistå en pågående insats omfattas inte uttryckligen av studien, men där dessa kan utgöra en synergieffekt kommer de att nämnas.

1.5 Disposition

Rapporten inleds med ett metodkapitel (kapitel 2) som redogör för de använda metoderna inom studien. Därpå följer kapitel 3 som redogör för detektionsmetoder som används i nuläget samt kapitel 4 som redogör för framtida potentiella detektionsmetoder. Kapitel 5 tar upp generella aspekter för samtliga redovisade detekteringsmetoder.

En historisk tillbakablick, nuläget samt möjliga framtida detektionsmetoder i Sverige återfinns i kapitel 6. Identifierade uppslag för framtida möjliga analyser, studier och eventuella tester redovisas i kapitel 7. I kapitel 8 förs en friare diskussion angående de aspekter som har uppmärksammats under arbetet med denna studie, men som inte faller inom dess direkta avgränsning. Slutligen, i kapitel 9, redovisas studiens slutsatser.

1.6 Begrepp & definitioner

Nedan redovisas och förtydligas de begrepp och definitioner som har använts i denna studie.

Tabell 1. Förklaring av olika begrepp och definitioner som används i denna studie.

Begrepp eller definition	Förklaring
Detektionsmetod	En metod, en teknik, ett system eller annat tillvägagångssätt för att detektera något. Inom denna studie är det vegetations- och skogsbränder som åsyftas att detekteras.
Uppdateringsfrekvens	Syftar på frekvensen för att uppdatera något. Inom denna studie omfattar detta all tid för uppdatering av underlaget som en viss detektionsmetod genomför sin analys på.
Flygande enhet	En allmän benämning på farkoster som kan flyga och som kan vara antingen bemannade eller obemannade. Omfattar bland annat flygplan, helikoptrar, drönare och så vidare.
MSB	Myndigheten för samhällsskydd och beredskap
SMHI	Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
SCB	Statistiska centralbyrån
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet
CSIR	Council for Scientific and Industrial Research

Begrepp eller definition	Förklaring
KSAK	Kungliga Svenska aeroklubben
Räddningsverket	Syftar på Statens räddningsverk (SRV). SRV var central förvaltnings-myndighet för frågor om räddningstjänst. Myndigheten upphörde den 31 december 2008. Den 1 januari 2009 slogs SRV samman med Krisberedskapsmyndigheten (KBM) och Styrelsen för psykologiskt försvar (SPF) och bildade MSB (MSB, 2021).

2. Metod

I detta kapitel ges en beskrivning av den metod som har använts inom denna studie. Utifrån studiens syfte och mål, se avsnitt 1.1 och 1.2, har både en litteratur- och intervjustudie genomförts. Metoderna för dessa redovisas här i detalj.

2.1 Övergripande metod

Studien inleddes med en litteraturstudie. Utöver resultatet av själva litteraturstudien (Bilaga A. Litteraturstudien) erhölls även relevant litteratur av MSB (beställaren av denna studie). Denna litteratur genererade även ytterligare relevant litteratur till följd av dess referenser. Vidare inkom även flertalet tips på relevant litteratur under den senare genomförda intervjustudien (Bilaga B. Intervjustudien). Slutligen genomfördes även riktade sökningar på Google i de fall då antingen en specifik eftersökt referens inte hittades eller då litteratur inom ett speciellt område inte påträffades i litteraturdatabasen.

Efter genomförandet av litteraturstudien ovan sammanställdes samtlig relevant litteratur. Utifrån sammanställningen och i samråd med MSB identifierades därefter intressanta personer och myndigheter som inkluderades i intervjustudien. Under själva intervjustudien inkom fler tips på ytterligare relevanta personer att inkludera i intervjustudien. Samtliga tips på relevanta personer följdes upp, personerna kontaktades, och om det var möjligt inkluderades de i intervjustudien.

2.2 Metod för litteraturstudien

Litteraturstudien genomfördes genom sökningar i en litteraturdatabas och samtliga abstract från sökningarna lästes igenom. För de abstracts som bedömdes intressanta för denna studie lästes även rapporternas slutsatser. I de fall både abstracten och slutsatsen verkade vara relevanta lästes rapporten i sin helhet. Se vidare i Bilaga A. Litteraturstudien för en detaljerad dokumentation av den genomförda litteraturstudien.

2.3 Metod för intervjustudien

Intervjustudien genomfördes genom att förbereda öppna frågor baserade på studiens syfte, mål och frågeställningar, se avsnitt 1.1, 1.2, och 1.3. Intervjuerna genomfördes därefter i form av en diskussion kring de, inför respektive intervju, förbereda frågorna. Respektive intervju dokumenterades i en sammanfattande, diskuterande form och är följaktligen ej ordagrant dokumenterade. Om andra intressanta aspekter, utöver själva svaret till en fråga, nämndes under diskussionen dokumenterades även det under den aktuella frågan. Respektive intervjuade person har fått granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie. Se vidare i Bilaga B. Intervjustudien för en detaljerad dokumentation av den genomförda intervjustudien.

3. Detektionsmetoder som används idag

I detta kapitel redovisas detekteringsmetoder som idag tillämpas operativt någonstans i världen i någon omfattning. För respektive detekteringsmetod presenteras dess styrkor, svagheter och om möjligt även förbättringspotential.

3.1 Allmänheten

Begreppet allmänheten omfattar här alla individer som inte letar efter vegetations- och skogsbränder. Det kan således även omfatta individer inom exempelvis det civila flyget samt flertalet övriga yrkeskategorier, såsom skogsarbetare samt tågpersonal, och inte enbart civila individer på deras fritid.

I områden med hög persontäthet förväntas merparten av vegetations- och skogsbränderna upptäckas av allmänheten med en förhållandevis kort fördröjning i tid från dess att branden har startat. Under vissa perioder, exempelvis under nätter, kan dock denna tidsfördröjning bli påtagligt längre.

Under åren 2010–2019 och för alla län i Sverige upptäckte brandflyget i genomsnitt cirka 13,8 procent av vegetations- och skogsbränderna (i statistiken benämnd som produktiv skogsmark) som resulterade i en insats (MSB, 2020c). Eftersom det inte finns någon annan operativ detekteringsmetod i Sverige, utöver brandflyget, talar detta för att allmänheten är inblandad i en övervägande andel av upptäckten av vegetations- och skogsbränderna i Sverige. Detta pekar på att en öppen och tillgänglig skog och mark för allmänheten skulle kunna vara fördelaktigt med hänsyn till branddetektion.

Vid genomförd intervju med SLU framgick att de inrapporterade larmen från allmänheten angående potentiella vegetations- och skogsbränder bedöms kunna vara otydliga och diffusa samt att mottagandet hos SOS Alarm kan variera i kvalitet. Efter mottagandet hos SOS Alarm följer även en kedja med andra aktörer, med olika erfarenhet av vegetations- och skogsbränder, innan larmet i slutändan når den aktuella räddningstjänsten. Detta riskerar att försämra kvaliteten på larmet samt resultera i att den varierar mellan olika larm (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

I Sydafrika har ett arbete pågått för att ytterligare involvera allmänheten i att detektera vegetations- och skogsbränder. Arbetet är för tillfället pausat, men det har omfattat utveckling och tester av en applikation där allmänheten har kunnat ta en bild, med vilken de har kunnat rapportera in potentiella vegetations- och skogsbränder (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien).

3.2 Brandflyg

Brandflyg har under de senaste årtiondena varit den dominerande detektionsmetoden för vegetations- och skogsbränder. Metoden medför mobilitet, där

brandflyget kan patrullera valda områden av intresse under långa tidsperioder. Flyghöjden för brandflyget är flexibel, vilket medför att det kan flyga under täckande moln, och det hindras följaktligen inte av väderfaktorer i samma utsträckning som exempelvis satellitövervakning (se avsnitt 3.4 Satellit) (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

För brandflyg utgörs detekteringsmetoden generellt av att en spanare under dagtid okulärt detekterar brandröken till följd av en brand (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Detta gäller även för brandflyget i Sverige, som i enlighet med MSB:s inriktning för skogsbrandsbevakning med flyg från år 2020, inte har några krav på teknisk utrustning för detektion av bränder (MSB, 2019b).

Ett försök har genomförts i Värmland, där brandflyget utrustades med en värmekamera för att upptäcka vegetations- och skogsbränder. Dock var inte utrustningen tillräckligt implementerad för att kunna användas operativt vid flygningarna. Slutsatsen var att det aktuella kamerasystemet i nuläget inte går att använda för tidig branddetektion eftersom det inte är möjligt att snabbt delge bilderna från brandflygplanet. Likväl bedömdes det som att systemet skulle kunna användas vid säkringen av brandens ytterområden eller vid en riktad flygning med brandflyget till följd av ett åskoväder, men detta testades aldrig (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien).

Tekniskt sett skulle det gå att ersätta brandflygets bemannade flygplan med obemannade drönare (Intervju med MSB och SLU, se Bilaga B. Intervjustudien). Dock bedöms det idag vara problematiskt att flyga utom synhåll med drönare, vilket gör att räckvidden är begränsad. Även problematiken med att få drönare att samverka i luften behöver lösas. Om drönaren dessutom ska vara verksam i det kontrollerade luftrummet är denna att betrakta som till exempelvis ett vanligt flygplan. Detta innebär att ett godkännande krävs från flygledningen för att få lyfta, flyga och landa. För att kunna ersätta brandflygets bemannade flygplan med drönare är det alltså en rad olika juridiska frågeställningar som först måste lösas (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Om de juridiska frågeställningarna skulle lösas vore det dock möjligt att utveckla ett drönarsystem som är uppbyggt med flera markstationer utspridda med jämna mellanrum över ett stort område. Ett sådant system skulle vara tekniskt möjligt redan idag, dessutom skulle det kunna vara nationellt heltäckande. Systemet skulle kunna vara uppbyggt av autonoma drönare som flyger mellan dessa markstationer och söker efter potentiella bränder. Om en potentiell brand detekteras skulle drönaren kunna avvika från planerad rutt, och om drönaren får ont om bränsle skulle den kunna tillkalla en annan drönare som byter av. Respektive drönare har då möjlighet att flyga till en markstation och på egen hand landa, ladda/tanka och sedan lyfta för att fortsätta övervakningen. Drönare har inga problem med att flyga under nätter och behöver inga pauser mer än för laddning/tankning. Detta medför att en detektionsmetod uppbyggd med autonoma drönare som flyger i skift skulle kunna vara operativ dygnet runt med en kontinuerlig övervakning när exempelvis en hög brandrisk föreligger. Drönare har även möjlighet att både lyfta och landa helt vertikalt (gäller även vissa drönare med fasta vingar). Det innebär att drönare nödvändigtvis inte är beroende av en landningsbana för att lyfta och landa (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Klassiska synergieffekter som ofta tillskrivs brandflyget, och som ofta även utgör argument för dess nytta, är dess förmåga att kunna bistå räddningstjänsten med exempelvis guidning till branden, identifiera närmsta vattentillgångar och ge information under själva släckinsatsen. Detta är enkla uppgifter för en drönare att lösa, som exempelvis skickas upp lokalt av räddningstjänsten. En skillnad med att skicka upp en drönare istället för att ha ett brandflyg i luften är att det inte sitter någon i den som kan tolka situationen uppifrån, utan tolkningen sker från marken utifrån vad drönaren uppfattar med exempelvis en kamera. Själva guidningen till branden kan också bli svårare, eftersom drönaren inte finns uppe i luften från början (jämfört med brandflyget). Men en annan möjlighet är att eftersom räddningstjänsten själva hanterar drönaren (istället för en utomstående pilot i brandflyget) så kan de genom lokalkännedom lättare skapa en mental bild över den bästa angreppsvägen till branden (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien). Räddningsledare eller annan sakkunnig har idag möjlighet att åka med i exempelvis en helikopter som används vid en pågående insats. Det blir dock inte möjligt att följa med om enbart drönare skulle användas.

En faktor som talar mot att använda brandflyget som en detektionsmetod för vegetations- och skogsbränder är att det är en väldigt låg sannolikhet att ett brandflyg ska lyfta vid rätt tidpunkt och flyga över rätt plats samtidigt som en brand ska vara visuellt synlig från flygplanet (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien).

Ett alternativ kan då vara att nyttja brandflyget som en verifieringsmetod, istället för en detekteringsmetod, det vill säga att verifiera och bättre lokalisera tidigare detekterade potentiella bränder. Bedömningen är att brandflyget då även kan värdera hur allvarlig branden är och därmed stödja en släckinsats med värdefull information från luften, bland annat genom att ta bilder och sända till exempelvis räddningstjänsten på marken (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

3.3 Brandtorn

För att brandtorn ska fungera optimalt som en detekteringsmetod för vegetations- och skogsbränder behöver de placeras ut strategiskt för att få så stort övervakningsområde som möjligt (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

Brandtorn är en väl använd detekteringsmetod globalt (Güllüce & Çelik, 2020), trots att de är stationära och dyra i drift och därmed inte lämpliga för stora arealer. Idag används brandtorn därför främst för att bevaka områden med högt skyddsvärde och/eller hög risk (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

Vid övervakning från brandtorn utgörs metoden oftast av en okulär detektion med hjälp av en spanare (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Med en markbaserad detektionsmetod av bränder, baserad på mänskliga spanare är de huvudsakliga problemen den möjliga hälsorisken för spanarna, begränsningar i synfältet, trötthet hos spanaren samt mänskligt felande under övervakningen (Rizanov, Stoynova, & Todorov, 2019).

Det har påvisats att brandtorn som har utrustats med optiska detekterings-sensorer är både långsammare och mindre pålitliga i jämförelse med spanare som är tränade i att detektera bränder. Beroende på områdets topografi kan det dock vara problematiskt att på långt avstånd lokalisera en brand från ett brandtorn, oavsett om det är en spanare eller en optisk utrustning som detekterar den potentiella branden (Güllüce & Çelik, 2020). Men om observationer av samma brand finns från flera olika brandtorn kan den bättre positioneras.

Eftersom brandtorn byggs på strategiska platser för att optimera övervakningsområdet, och därmed detektionsmöjligheterna, är det även logiskt att de utrustas med teknisk branddetektionsutrustning för de fall där de lämnas obemannade. Även om verksamhet skulle pågå i brandtornen kan det fortfarande vara lämpligt att komplettera brandtornen med någon form av teknisk utrustning.

3.4 Satellit

Detektering av vegetations- och skogsbränder med hjälp av satellitunderlag möjliggör samtida övervakning av stora arealer, antingen automatiserat eller semi-automatiserat (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Metoden används redan idag runt om i värden, och vanligen kan ett larm om en detekterad potentiell brand skickas ut inom 25 minuter efter att satellitunderlaget har blivit tillgängligt för analys (Milz, 2013). Under de senaste årtiondena har ett flertal operativa övervakningssatelliter blivit tillgängliga, vilka dock främst är inriktade på meteorologiska tillämpningar. Likväl är det möjligt att med instrument ombord på dessa satelliter även detektera vegetations- och skogsbränder (Milz, 2013).

Utmaningarna med branddetektion baserat på satellitunderlag, generellt för alla satelliter, ligger i underlagets förhållandevis låga upplösning (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016; Milz, 2013; Rizanov, Stoynova, & Todorov, 2019; Dimitropoulos, o.a., 2012) samt svårigheter med att kunna detektera bränder under vissa väderförhållanden, exempelvis genom moln (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016; Milz, 2013; Rizanov, Stoynova, & Todorov, 2019; Güllüce & Çelik, 2020; Dimitropoulos, o.a., 2012). Även själva brandröken kan täcka branden och därmed försvåra en detektering av den med hjälp av satellitunderlag (Hally, Wallace, Reinke, & Jones, 2016). Satelliternas höga hastighet kan vidare medföra utmaningar med att lokalisera en potentiell brand (Dimitropoulos, o.a., 2012).

Det finns dock vissa instrument ombord på satelliterna som har större möjlighet att tränga igenom exempelvis moln, men i nuläget har dessa instrument för låg upplösning för att kunna utgöra ett underlag för tidig branddetektion (Milz, 2013). Exempelvis kan satellitunderlag inom det infraröda spektrumet delvis se igenom dis och dimma, vilket kan vara problematiskt vid branddetektion från marken. Det är även möjligt att till viss del se bränder under marken, vilket kan vara en fördel vid blixtnedslag. Det går även att i viss omfattning följa en pågående brand genom brandröken (Intervju med LTU, se Bilaga B. Intervjustudien).

Satellitunderlaget kan även utgöras av radarmätningar från olika satelliter. Fördelar med radarunderlaget är främst att detektering är möjlig genom moln och rök. Dock är det inte möjligt att använda underlaget som en tidig detekteringsmetod av vegetations- och skogsbränder. Detta eftersom en potentiell brand upptäcks genom att detektera branddrabbade områden, och därigenom indirekt detektera en brand. Ett annat användningsområde för underlaget skulle kunna vara att istället övervaka utvecklingen av en pågående brand. (Intervju med KTH, se Bilaga B. Intervjustudien).

Alla satelliter ligger i en omloppsbana kring jorden, men om en satellits omloppsbana följer jordens ekvator med samma rotationshastighet som jorden så kommer satelliten att upplevas som stationär på himlen och benämns då som en geostationär satellit. Geostationära satelliter kan därmed enbart finnas över ekvatorn. Till följd av jordens krökning blir underlaget från geostationära satelliter mindre användbart ju längre bort från ekvatorn ett område ligger. Exempelvis skulle en brand på 0,1 hektar kunna detekteras med en satellit i omloppsbana kring polerna, men för att samma brand skulle kunna detekteras av en geostationär satellit skulle den behöva ha en area på 8 hektar vid latitud 40° (Filizzola, o.a., 2016). Latitud 40° går ungefär vid Medelhavet, och följaktligen skulle en brand i Sverige behöva vara ännu större för att vara detekterbar för en geostationär satellit. Detta innebär att geostationära satelliter inte utgör ett rimligt alternativ för branddetektering i Sverige, åtminstone inte i nuläget (Milz, 2013).

Geostationära satelliter har en uppdateringsfrekvens mellan 2,5 och 30 minuter, vilket inte utgör någon större problematik (Milz, 2013; Hally, Wallace, Reinke, & Jones, 2016; Filizzola, o.a., 2016). De polära satelliterna, det vill säga de icke geostationära satelliterna, har en mycket längre uppdateringsfrekvens, eftersom de behöver passera hela jordklotet innan underlaget för ett specifikt område kan uppdateras. Genom att nyttja mer än en satellit i omloppsbana kan emellertid uppdateringsfrekvensen kortas ner, men hamnar likväl i storleksordningen på ett antal timmar beroende på vilka och hur många satelliter som inkluderas (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016; Milz, 2013; Hally, Wallace, Reinke, & Jones, 2016; Filizzola, o.a., 2016). Den förhållandevis låga uppdateringsfrekvensen för de polära satelliterna minskar dess användbarhet som ett system för tidig detektion av vegetations- och skogsbränder (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016; Güllüce & Çelik, 2020). Även kortvariga bränder eller bränder med dygnsvariation med korta, snabbt tillväxande tidsperioder kan vara svåra att detektera på grund av den förhållandevis låga uppdateringsfrekvensen (Filizzola, o.a., 2016).

Den förhållandevis högre uppdateringsfrekvensen hos de geostationära satelliterna är emellertid inte enbart till dess fördel, eftersom den även har en jämförelsevis lägre upplösning (Filizzola, o.a., 2016). Att en geostationär satellit har lägre upplösning jämfört med en polär satellit har även påvisats i olika studier (Filizzola, o.a., 2016; Hally, Wallace, Reinke, & Jones, 2016). De geostationära satelliterna har dock fördelarna med att synfältet från satelliten alltid är detsamma (Filizzola, o.a., 2016; Hally, Wallace, Reinke, & Jones, 2016) samt att uppdatering av underlaget sker vid samma tidpunkt på dygnet och med samma upplösning (Filizzola, o.a., 2016).

Hur snabbt satellitunderlaget blir tillgängligt för analys varierar beroende på respektive satellit. För vissa satelliter blir det tillgängligt direkt för markstationen varje gång en satellit passerar över den (Milz, 2013). För andra satelliter kan det vara fördröjningar upp emot tre timmar om deras underlag inte är direkt tillgängligt för respektive markstation vid en satellitpassage. Detta kan bland annat bero på att det är en privatägd satellit eller att satellitmaterialet först laddas ner till en annan aktör som sedan publicerar och gör det tillgängligt för andra aktörer. Denna fördröjning, till dess att satellitunderlaget är tillgängligt för analys, innebär att inte alla satelliter är lämpliga att använda för att detektera vegetations- och skogsbränder (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien). Även satelliternas förbestämda omloppsbanor kan medföra fördröjningar i kommunikationen med en satellit (Dimitropoulos, o.a., 2012).

Alla satelliter måste dock passera en nedladdningsstation innan materialet kan bli tillgängligt för analys av en detekteringsmetod. Det ökar i sin tur tiden till dess att ett larm kan skickas ut om en potentiellt detekterad brand. Den tiden skulle kunna kortas genom att använda ett större antal mikrosatelliter istället för färre stora satelliter. En annan fördel med mikrosatelliter är att de har både en kortare byggtid och lägre kostnad per satellit. Detta bedöms medföra att det i framtiden inte anses som omöjligt att en detekteringsmetod baserad på satellitunderlag skulle kunna vara den enda branddetekteringsmetoden som behövs. Det skulle dock kräva stora förbättringar av detektionsmetoden jämfört med idag. Framför allt behöver detektionsmetoden vara snabb, tydlig (i princip binär) och ha en låg felfrekvens (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Vid avsaknad av moln och rök i satellitunderlaget har en studie påvisat att upp till 80 procent av de inrapporterade bränderna går att detektera med hjälp av satellitunderlag. Bland de detekterade bränderna i satellitunderlaget var den minsta cirka 1 hektar. Detektionsgraden varierar dock med storleken på branden, där exempelvis 87 procent av bränderna med en storlek på över 4 kvadratkilometer detekterades, medan endast 19 procent av bränderna med en storlek på mindre än 1 kvadratkilometer detekterades (Hua & Shao, 2016).

Även NASA har undersökt hur små bränder som går att detektera med satellitunderlag, specifikt med MODIS, där de rutinmässigt detekterar vegetations- och skogsbränder med en storlek på 1 000 kvadratmeter. Under goda förhållanden kan flammande bränder med en storlek på bara 100 kvadratmeter detekteras, och under exceptionellt bra förhållanden redan vid 50 kvadratmeter (NASA, 2021).

Möjligheten att detektera vegetations- och skogsbränder med hjälp av satellitunderlag varierar även med vilken typ vegetation som brinner. För bränder med exempelvis en storlek på över 2 kvadratkilometer var detektionsandelen 100 procent för skogsbränder i barrskog, 75 procent för gräsbränder och 70 procent för bränder i buskmark. Motsvarande siffror för bränder med en storlek på 2 kvadratkilometer eller mindre var istället 65 procent för skogsbränder i barrskog, 28 procent för gräsbränder och 16 procent för bränder i buskmark. Enligt studien tyder detta på att det är lättare att med hjälp av satellitunderlag detektera skogsbränder i jämförelse med både gräsbränder och bränder i buskmark (Hua & Shao, 2016).

Baserat på detektionsverksamheten i Finland med hjälp av satellitunderlag har andelen felaktiga larm uppskattats till mellan 12 och 16 procent (Milz, 2013).

Det finns bränder som har detekterats med hjälp av satellitunderlag innan spanare från brandtorn har upptäckt samma brand, givet att en lämplig dataanalys genomförts. Slutsatsen är att detta påvisar faktumet att satelliter alltid är operativa med samma detektionskänslighet. Dock behöver satelliternas möjlighet att detektera bränder under vissa väderförhållanden samt vid tillfällen då brandrök täcker branden utredas vidare. Satellitövervakning och detektering av vegetations- och skogsbränder med hjälp av satellitunderlag är idag ett effektivt verktyg, men kan inte helt ersätta andra detekteringsmetoder (Filizzola, o.a., 2016).

Enbart det fritt tillgängliga satellitunderlaget bedöms idag vara alltför begränsat för att kunna utgöra en egen detektionsmetod. Där är det främst osäkerheten i tillgängligheten till satellitunderlag som utgör den största bristen. Exempelvis ifall det är mulet en längre tid kommer området i princip att vara oövervakat under tiden. Att säkerställa satellitunderlag bedöms därmed utgöra en viktigare frågeställning jämfört med att enbart förbättra uppdateringsfrekvensen (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Även om inte detektering av vegetations- och skogsbränder är möjlig till följd av exempelvis mulet väder, så kan detta trots allt utgöra värdefull information. Informationen kan nämligen användas till att kartera områden där detektion ej har varit möjlig, vilket i sin tur borde kunna utgöra underlag för vilka områden som andra detektionsmetoder borde fokusera på (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

Under år 2020 genomförde SMHI ett projekt vars syfte var att främst validera om det verkligen var bränder som detekterades samt filtrera bort felaktiga larm. Inom projektet detekterade SMHI vegetations- och skogsbränder med hjälp av satellitunderlag och meddelade detta till MSB som i sin tur utredde huruvida det verkligen var en brand eller inte. Resultatet ser lovande ut, där de minsta detekterade bränderna var i storleksordningen av en kontrollerad bränning på en gård eller en bostadsbrand. Dock gjordes en del oförklarliga detektioner i Norrland, vilka troligen beror på reflektioner i vattendrag eller liknande. Ett antal av bränderna detekterades även innan larm hade inkommit om branden från annat håll, dock är det oklart hur lång tid innan (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien). Även år 2018 undersöktes detektionsmetoden (dock mestadels under juli månad) för att bland annat granska metodens effektivitet och försöka filtrera bort felaktiga larm. Redan då detekterade metoden cirka 20 vegetations- och skogsbränder innan tidigare larm hade inkommit på annat sätt (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

De två satelliterna som inkluderades i SMHI:s testdetektionsmetod baserad på satellitunderlag genererade en uppdateringsfrekvens i storleksordningen om cirka åtta bra passager med täckning över hela Sverige per dag. Ytterligare satelliter skulle kunna inkluderas. SMHI har dock valt att inte göra detta, eftersom de skulle behöva använda en annan algoritm för dessa satelliter i kombination med att de genererar underlag av lägre kvalitet samt att de är gamla och på väg att fasas ut. De europeiska satelliterna kommer successivt att bytas ut (den första med en planerad uppskjutning 2023/2024), och då blir det mer naturligt att istället addera de nya (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

De kommande satelliterna bedöms kunna medföra avsevärda förbättringar av det tillgängliga satellitunderlaget och därmed även för en detekteringsmetods möjligheter att detektera potentiella bränder (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien).

Branddetektering baserad på satellitunderlag bedöms vara en bra detekteringsmetod redan idag, framför allt i avlägsna områden. Metoden bedöms vidare kunna detektera tidigare oidentifierade potentiella bränder inom områden där det uppskattningsvis är 10 till 15 kilometer till närmsta befolkning. Dessutom bedöms metoden bli alltmer relevant i och med en framtid med en längre brandsäsong till följd av klimatförändringarna. Detta eftersom det då kan komma att bli längre perioder under brandsäsongen då det samtidigt inte är säsong för exempelvis vandring. Följden av det blir att ett färre antal personer kan komma att vara ute i skog och mark under en större del av brandrisksäsongen (Intervju med LTU, se Bilaga B. Intervjustudien).

3.5 Kamera

För luftburen fjärrdetektion av vegetations- och skogsbränder med teknisk utrustning är olika typer av optiska sensorer den mest dominerande tekniken idag. Då behöver ett generellt avvägande göras mellan storleken på sensorns synfält och upplösningen i bildmaterialet. Med ett större synfält kan ett större område övervakas med färre kameror, men med följden av en lägre upplösning. Det motsatta gäller för ett mindre synfält. Antalet optiska sensorer påverkar därmed bland annat detektionsmetodens effektivitet samt dess kostnad per övervakad areaenhet (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

Optiska sensorer som specifikt arbetar med synligt ljus har en förhållandevis låg kostnad och hög tillgänglighet samt gör det enkelt att tolka bildmaterialet. Detta har gjort att detektering med denna typ av optiska sensorer har kommit att användas i stor utsträckning bland annat för luftburna detektionsmetoder (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

3.5.1 Värmedetektering

Eftersom bränder håller en mycket högre relativ temperatur jämfört med omkringliggande yta utgör värme en stark indikation av brand. Det finns i nuläget en mängd olika optiska sensorer för detektion av värme med hjälp av infraröd strålning. Röken som produceras av branden kan dock vara problematisk för vissa våglängder. Värmedetektionssystem som bevakar på hög höjd har kapacitet att bevaka uppskattningsvis 4 500 hektar per minut med en förmåga att detektera hotspots med en diameter av enbart 15 centimeter. Eftersom metoden detekterar utstrålad energi från bränder är den användbar både dag och natt (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

Valen av optisk sensor och vilken plattform som används för att detektera potentiella bränder kommer att påverka systemets upplösning och uppdateringsfrekvens. Färdigutvecklade system finns redan och kan, beroende på tidigare nämnda val, erbjuda en upplösning på mellan 30 meter och 3 kilometer och en uppdateringsfrekvens från minuter till dygn (Hua & Shao, 2016).

Vegetations- och skogsbränder kan ha en tydlig dygnscykel där både intensiteten och storleken av branden avtar under nätterna (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Men det kan även förekomma våldsamma bränder under nätterna, som dessutom kan öka i intensitet. En eventuell evakuering nattetid skulle dessutom kunna bli mer tidskrävande, jämfört med om den istället skulle genomföras under dagtid (MSB, 2020c). Detta belyser att vegetations- och skogsbrandsdetektering med fördel även kan genomföras under nätterna.

En detektionsmetod med multispektral infraröd teknik och matematisk GIS-modellering har testats i Turkiet där skogsbränder har kunnat detekterats i tidigt skede. Genom att använda flera sensorer strategiskt utplacerade i förhållande till varandra kunde bränder positioneras med en noggrannhet på cirka 4,5 meter inom ett område av skog på åtminstone cirka 3 600 kvadratmeter, beroende på antalet och typ av sensorer samt områdets topografi. Studien påvisade att den mest effektiva lösningen bestod av 16 roterande sensorer som kunde täcka ett område på cirka 128 760 kvadratmeter. Utöver detektering av bränder kunde även systemet användas för att följa brandförloppet (spridningsriktning och spridningshastighet på en detekterad brand) i realtid. Respektive sensor kunde detektera bränder inom ett avstånd om cirka 60 meter. En fördel med infraröd detektering var att systemet kunde detektera dem både dag och natt. Det framgick även att det var lättare att detektera bränder i täta skogsområden med infraröddetektering, istället för med flam- och glöddetektering med hjälp av optiska sensorer som använder synligt ljus. Detta eftersom träd utgör ett större visuellt hinder för optiska sensorer som använder synligt ljus jämfört med infraröda sensorer (Güllüce & Çelik, 2020).

3.5.2 Rökdetektering

Rök är den mest pålitliga indikationen av en brand under dagtid, vid detektering med hjälp av optiska sensorer som använder våglängder inom det synliga ljuset (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Detta beror bland annat på att brandröken vanligtvis är mer synlig jämfört med flammorna, men också för att själva terrängen lättare skymmer flammorna än röken (Jakovčević, Stipaničev, & Krstinić, 2013). Vidare utgör brandröken även en tidig indikation av en pågående brand, vilket därmed även möjliggör en tidigare detektion (Pundir & Raman, 2017).

Det har blivit alltmer vanligt att detekteringsmetoder riktar in sig på att detektera brandrök, snarare än själva branden (Pundir & Raman, 2017). Det har medfört att den här metoden används i stor utsträckning (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016) och utgör den vanligaste detekteringsmetoden för optiska sensorer som nyttjar våglängder inom det synliga ljuset (Jakovčević, Stipaničev, & Krstinić, 2013).

Brandrök rör sig långsamt uppåt till följd av termisk konvektion, vilket utgör en egenskap som kan detekteras med optiska sensorer (Ko, Park, & Nam, 2013). En metod som upptäcker brandrök detekterar dock oftast flera olika egenskaper som tillsammans indikerar en potentiell brand i bildmaterialet. Det kan handla om att analysera rörelser, kromatik, textur, rumsligt sammanhang och former. Även meteorologiska underlag kan analyseras för att ge värdefull information om hur brandrök i bildmaterialet borde bete sig givet de rådande vindförhållandena (Jakovčević, Stipaničev, & Krstinić, 2013).

Fördelen med rökdetektion med en optisk sensor är dess förmåga att övervara en volym, och den optiska sensorn genererar även en visuell bild av det övervakade området (Ko, Park, & Nam, 2013). Vidare skulle även detekteringsmetoden medföra en förhållandevis låg utrustnings- och underhållskostnad (Ko, Park, & Nam, 2013; Pundir & Raman, 2017). Skulle den optiska sensorn dessutom vara monterad på exempelvis en mobilmast eller annan hög punkt så skulle varje enhet kunna detektera potentiella bränder på ett avstånd av ett antal kilometer. Systemet skulle även vara förhållandevis lätt att installera (Pundir & Raman, 2017).

Utmaningarna i att detektera brandrök utomhus ligger främst i rökens långsamma spridningshastighet, otydliga form, vaga färgmönster och dess oförutsägbarhet (Ko, Park, & Nam, 2013). Detta medför att det kan vara utmanande att skilja mellan rök och ånga, eftersom båda fenomenen har liknande färg, textur och rörelse. Moln, dimma och sandstorm är dock förhållandevis lätta att särskilja från rök, detta främst till följd av att rök alltid är i rörelse (Pundir & Raman, 2017).

Den långsamma spridningshastigheten medför specifikt utmaningar vid övervakning på avstånd över ett brett område. Dessutom är det svårare att detektera brandrök under nätterna jämfört med under dagarna (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Även externa faktorer såsom att moln och dimma har liknande färg och struktur som brandrök försvårar rökdetektionen (Ko, Park, & Nam, 2013; Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Dock minskar väderfenomenens påverkan på detektionsmöjligheterna om övervakningen sker från luften, exempelvis från ett flygplan, jämfört med om övervakningen sker från en markstation (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). En annan utmaning ligger i att det idag finns effektiva system som kan detektera brandrök, men att systemen ännu inte är tillräckligt pålitliga för att bli helt självgående. Oftast krävs det mänskligt stöd för att fatta det slutgiltiga beslutet om att skicka ut ett larm angående en potentiellt detekterad brand (Jakovčević, Stipaničev, & Krstinić, 2013). Studier har även påvisat att ett ökat avstånd mellan den optiska sensorn och brandröken riskerar att leda till en ökad andel felaktiga larm (Ko, Park, & Nam, 2013).

En detektionsmetod med hjälp av optiska sensorer som nyttjar våglängder inom det synliga ljuset har framgångsrikt testats i Tyskland, där metoden kunde upptäcka rökmoln både på dagen och på natten över ett område på upp till 70 000 hektar (Sjögren, 2013). Vid ett annat försök testades högt monterade markbaserade enheter, där varje optisk sensor var utrustad med zoommöjligheter och då kunde övervaka ett område upp till 100 kvadratkilometer. Denna detekteringsmetod borde även kunna användas från luftburna enheter, exempelvis från ett flygplan, men försök angående detta har inte kunnat påvisas. Detektionsmetoder från luftburna enheter har, åtminstone i nuläget, främst begränsats till detektion av lågor med hjälp av synligt ljus eller värme (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Ytterligare praktiska försök planeras att genomföras där även information om fuktigheten i de övervakade områdena kombineras med rökdetektering med hjälp av optiska sensorer (Ko, Park, & Nam, 2013).

Det är värt att nämna att själva branden även påverkar hur vindar och rök rör sig, men detta gäller inte för brandens startskede. Eftersom denna studie

utreder tidig detektion av vegetations- och skogsbrand är den här effekten således inte relevant här. Vid utvärdering av kamerabaserad rökdetektion har tester visat att bäst resultat uppstår på nära håll (inom cirka 100 meter), men är fortfarande mycket pålitlig på avstånd upp mot 2 kilometer (Jakovčević, Stipaničev, & Krstinić, 2013).

Även i Sydafrika används bland annat en detektionsmetod som upptäcker brandrök med hjälp av optiska sensorer som nyttjar våglängder inom det synliga ljuset. Metoden innebär att räddningstjänsten kan erhålla ett larm om den potentiella branden uppskattningsvis inom sex minuter efter att den har detekterats. Det finns cirka 80 till 100 enheter installerade i Sydafrika. Hur stort område varje enhet kan övervaka beror på närområdets topografi och de rådande väderförhållandena, där dimma är särskilt problematiskt (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien).

3.5.3 Flam- och glöddetektering

Varma källor, såsom en flamma, avger eget synligt ljus. Detta i kombination med framsteg i bildkvalitet samt mer avancerade algoritmer har möjliggjort detektering med hjälp av synligt ljus (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Detta har även påvisats i en studie (Dimitropoulos, o.a., 2012). Optiska sensorer som använder synligt ljus har under lång tid utvärderats för att användas till att detektera bränder. Metoden har även bedömts vara den mest lovande tekniken för framtidens detektionsmetoder på grund av teknikens förhållandevis låga kostnad, höga upplösning, korta svarstider samt enkelheten i att inkludera en operatör i systemets beslutsfattande (Dimitropoulos, Barmpoutis, & Grammalidis, 2015). System för flamdetektion har även testats praktiskt, där larm skickades ut till personer i den potentiella brandens närhet samt till aktuell räddningstjänst (Narasimha Rao, Jagadeeswara Rao, Duvvuru, Bendalam, & Gemechu, 2016).

Flamdetektion med hjälp av synligt ljus analyserar bildmaterial och identifierar flammor genom dess färg och rörelse i det utstrålande synliga ljuset (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016; Narasimha Rao, Jagadeeswara Rao, Duvvuru, Bendalam, & Gemechu, 2016). Även flammornas godtyckliga variationer i dess utseende utgör en möjlig detektionsegenskap (Narasimha Rao, Jagadeeswara Rao, Duvvuru, Bendalam, & Gemechu, 2016). Den mest karakteristiska egenskapen hos flammor är dock dess färg (Dimitropoulos, o.a., 2012). Vanligtvis är inte detektion av enbart en aspekt i flammans natur tillräcklig för att skapa en pålitlig detektionsmetod, varpå övervakning av flera olika aspekter vanligtvis kombineras (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

De största utmaningarna med flamdetektion med hjälp av optiska sensorer ligger i flammornas kaotiska och komplexa natur (Narasimha Rao, Jagadeeswara Rao, Duvvuru, Bendalam, & Gemechu, 2016; Dimitropoulos, Barmpoutis, & Grammalidis, 2015). Även den stora variationen i hur flammor kan uppträda i bildmaterialet medför stora utmaningar i att automatiskt detektera bränder (Dimitropoulos, Barmpoutis, & Grammalidis, 2015). En annan problematik med att använda optiska sensorer är att de kan vara känsliga mot vind eftersom vinden kan få sensorn att skaka. Det finns bildbehandlingstekniker för att motverka denna problematik. Valet av algoritm som används vid behandlingen av bildmaterialet avgör dock om sensorn kan vara i rörelse eller behöver vara stilla under övervakningstiden (Dimitropoulos, o.a., 2012).

De finns även många naturliga objekt som en optisk sensor kan missta för en flamma, exempelvis solen, ljusreflektioner eller dammpartiklar. Utöver detta ökar även antalet felaktiga larm med komplexiteten i sensorns vy samt med en lägre upplösning på bildmaterialet. Det har även påvisats att flimrande ljus från bilar kan vara särskilt problematiskt. Dock har videosekvenser framgångsrikt automatiskt klassificerats inom exempelvis multimediedatabaser. Denna teknik används dock inte för branddetektion i praktiken på grund av den förhållandevis höga kostnaden för beräkningsdatorerna. Vidare kräver många system för automatisk klassificering av videosekvenser att systemet vet vilken sekvens i materialet som ska genomsökas, vilket gör att det inte går att använda för branddetektion. Likväl presenterar en studie ett detektionssystem som använder optiska sensorer för att automatiskt detektera bränder med hjälp av synligt ljus (Dimitropoulos, Barmpoutis, & Grammalidis, 2015).

Eftersom bränder och glöd genererar sitt eget ljus kan bränder fortfarande detekteras under nätterna. Genom att använda utrustning med mörkerseende, som förstärker ljus av våglängder nära infrarött, förbättras dessutom detektionsmöjligheterna avsevärt. Försök har även påvisat att detektion av synligt ljus från en liten brand var lättare att detektera under natten med hjälp av utrustning med mörkerseende jämfört med okulär detektion under dagen. Dock påverkar övrigt ljus möjligheten att detektera bränder med hjälp av utrustning med mörkerseende. Exempelvis kan månljus, ljus från en närliggande stad eller reflekterande ljus försvåra detektionen (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

3.6 Kemisk detektion

Bränder inomhus detekteras ofta genom indikation av kemiska biprodukter som produceras av branden. Denna metod har dock begränsade möjligheter att detektera vegetations- och skogsbränder från exempelvis ett flygplan på avstånd (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

I Sydkorea används ett sensornätverk som kan detektera rök och därigenom i realtid automatiskt larma angående potentiella vegetations- och skogsbränder (Sjögren, 2013).

Det har även påvisats att det är möjligt att detektera rök från vegetations- och skogsbränder med hjälp av spektroskopi från satelliten Greenhouse Gas Observing SATellite (GOSAT). Det som detekterades inom brandröken var en unik sammansättning av bland annat ämnena koldioxid (CO2) och metan (CH4). Det har även framhållits att förekomsten av laddade kaliumjoner (K+) kan användas för att indikera en pågående brand (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

Olika sensornätverk har testats, där ett testat nätverk för tidig detektion av bränder bestod av noder som var uppbyggda av enheter med fem olika sensorer. Sensorerna utgjordes av en luftfuktighetsmätare, temperaturmätare, koldioxidmätare, kolmonoxidmätare och en formaldehydmätare. Tester har påvisat att respektive nod i detta nätverk kunde täcka ett område uppemot 15 kvadratkilometer i förortsområden och 5 kvadratkilometer i stadsmiljöer.

Hur noderna presterar i en skogsmiljö framgår dock inte. Möjlighet finns även att utrusta noderna med exempelvis en termisk kamera, en partikelsensor samt en vindmätare för att ytterligare öka prestandan hos respektive nod i sensornärverket. En viktig förutsättning för detektion med detta sensornätverk är beaktande av meteorologiska faktorer, exempelvis Fire Weather Index-värdet (FWI-värdet), i kombination med de olika sensorernas mätningar (Rizanov, Stoynova, & Todorov, 2019).

Även Skogforsk har varit i kontakt med ett detektionssystem som baserades på ett nätverk av sensorer som skulle vara tänkt att detektera rök. En nackdel som Skogforsk identifierade var dock kostnaden för att hämta hem alla sensorerna igen (om de inte på något vis kunde vara biologiskt nedbrytbara). Det är heller inte säkert att sensorerna kan vara alltför nära skogsmaskiner, eftersom deras värme- och avgasprofil inte är representativ för närmiljön (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien).

4. Framtida potentiella detektionsmetoder

I detta kapitel redovisas detekteringsmetoder som i nuläget inte används i någon omfattande utsträckning. Fokus har legat på att beskriva och redovisa respektive detektionsmetods styrkor och svagheter.

4.1 Radardetektering

Väderradar kan användas för att identifiera och detektera rök till följd av vegetations- och skogsbränder. I genomsnitt detekterar väderradar en brand (genom att detektera röken) cirka 5 minuter efter antändning. Det kan jämföras med 15 minuters fördröjning när mänskliga spanare detekterar branden. Detektering av vegetations- och skogsbränder med hjälp av radar används till viss del redan idag, där operatörer har tillgång till väderradarns data och själva kan identifiera och följa utvecklingen av rökplymer. Behov av vidare studier behövs dock för att skapa ett operativt omfattande detektionssystem. Detta skulle medföra ett mer stabilt detektionssystem eftersom radar, till skillnad från exempelvis detektering med hjälp av satellitunderlag, kan detektera brandrök oberoende av om det är dag eller natt eller om det är mulet (Zrnic, Zhang, Valery, & Mirkovic, 2020).

Detektion av brandrök med hjälp av radiovågor är dock inget nytt. Vid en större industribrand år 1996 detekterades brandröken av tre olika radarstationer, där en av dem utgjorde en skannande radiomarkstation som använde sig av radiovågor inom S-bandet. De två andra utgjorde vertikala radiomarkstationer, en som använde sig av radiovågor inom X-bandet samt en som klassades som UHF (Ultra High Frequencies). (Rogers & Brown, 1996).

En studie (Saraiva, Soares, Batista, Tertuliano, & Gomes, 2014) har påvisat att väderradar kan användas för detektering av brandrök. Bränderna i studien detekterades med en väderradar som använder radiovågor inom S-bandet och lyckades detektera bränderna inom 2 till 9 minuter, med ett medelvärde på 4,67 minuter. De två bränder som upptäcktes av brandtorn upptäcktes även av väderradarn, och detta skedde 6 respektive 8 minuter innan spanarna i brandtornen hade upptäckt dem (Saraiva, Soares, Batista, Tertuliano, & Gomes, 2014).

Ytterligare en annan studie (Huang, o.a., 2009) har påvisat att markstationerad väderradar har möjlighet att pålitligt detektera brandrök inom ett område mellan 10 och cirka 110 kilometer från markstationen. Radarn kunde dessutom detektera mindre bränder, och enligt studien omfattade den minsta skogsbranden som detekterades med radar enbart 1 hektar år 2007. Vidare kan en väderradar på cirka 6 minuter genomföra en skanning, vilket medför en uppdateringsfrekvens på cirka 240 gånger per dygn (Huang, o.a., 2009).

Hur regn påverkar detekteringsmöjligheterna kvarstår att undersöka. Radarn detekterar partiklar och ångan i brandröken, som rör sig från marken och uppåt. Ju närmre marken radarn kan skanna, desto tidigare kan brandröken detekteras, eftersom radiovågorna måste träffa brandröken. Huruvida S-bandet

är mest lämpligt för detektering av brandrök kvarstår även att undersöka enligt studien (Saraiva, Soares, Batista, Tertuliano, & Gomes, 2014). Eftersom radarn detekterar brandrök kan det även vara problematiskt att identifiera brandens exakta position då brandröken kan vara flera kilometer ifrån själva branden. En fördel är dock att om ett område redan täcks av en väderradarstation så behövs ingen ytterligare investering i hårdvara. (Huang, o.a., 2009)

Radarövervakning från flygplan medger ett mycket större övervakningsområde per enhet jämfört med markbaserade enheter (SAAB, 2020; Försvarsmakten, 2020). Enligt en tillverkare kan en volym med över 500 000 kvadratkilometer markareal och en höjd om 60 000 fot (cirka 18 300 meter) övervakas över land[3] med en enhet monterad på ett flygplan (SAAB, 2020). Sverige har en total area om cirka 528 860 kvadratkilometer, varav cirka 407 300 kvadratkilometer utgör landareal (SCB, 2020). Teoretiskt sett skulle ett flygplan med en monterad enhet kunna övervaka hela Sverige. Detta exempel på enhet använder sig av radar inom S-bandet, vilket ska medföra att övervakning kan ske i alla väderförhållanden (SAAB, 2020). Det valda exemplet på enhet har valts eftersom Försvarsmakten i Sverige redan har två operativa flygplan[4] utrustade med den aktuella enheten (Försvarsmakten, 2020). Enhetens förmåga att detektera bränder har dock inte undersökts.

Två fallstudier har undersökts i efterhand baserat på SMHI:s väderradarmaterial. Dessa var bränderna i Kårböle den 17 juli 2018 samt i Lillhärdal den 16 juli 2018. I radarmaterialet kopplat till branden i Lillhärdal gick det bland annat att tydligt se hur en plym med brandrök byter riktning i vinden. Den initiala bedömningen är därmed att det är möjligt att få till en detektionsmetod för brandrök baserad på väderradarmaterial. Dock är ekvationerna som användes vid fallstudierna ovan optimerade för att bedöma väder och inte brandrök. Det talar för att bättre resultat borde vara möjligt om ekvationerna hade optimerats för brandröksdetektering. Vid fallstudierna var det heller inte klarlagt vad brandröken till följd av en skogsbrand består av. Om detta klargörs skulle det troligen gå att ytterligare optimera inställningarna för att få röken att synas bättre i radarmaterialet. Det framgick att brandröken beter sig annorlunda i jämförelse med andra detektioner i radarunderlaget, vilket innebär att den bör kunna detekteras och särskiljas från de andra. I efterhand var det förhållandevis lätt att bekräfta en brand med hjälp av radarunderlaget. Men att detektera en tidigare okänd brand kommer att kräva vidare studier för att optimera inställningar och bedöma vad det är som ska detekteras av en detekteringsmetod (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

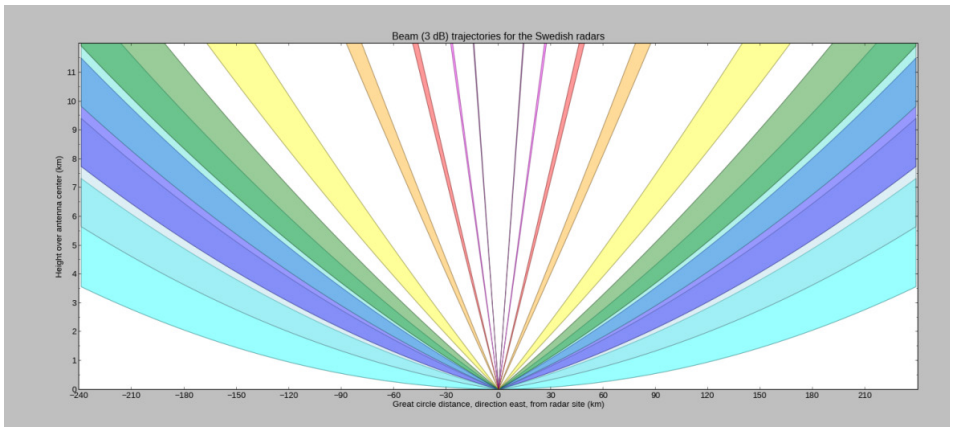
Vid nederbördsdetektion sker uppdateringen för radarunderlaget var femte minut. Det innebär att så länge en branddetektionsmetod kan använda samma radiofrekvenser och inställningar som vid nederbördsdetektion kommer uppdateringsfrekvensen att vara densamma för branddetektionsmetoden. Om branddetekteringsmetoden kräver andra inställningar (jämfört med nederbördsdetektion) kommer dock uppdateringsfrekvensen för den att sjunka. Detta eftersom väderundersökningarna är högre prioriterade. Nederbörd skulle kunna vara problematiskt för en branddetektion baserad på väderradarunderlag.

3. Över vatten begränsas området enbart av horisonten (SAAB, 2020), dock är detta inte av intresse för detektionsmöjligheterna av vegetations- och skogsbränder.

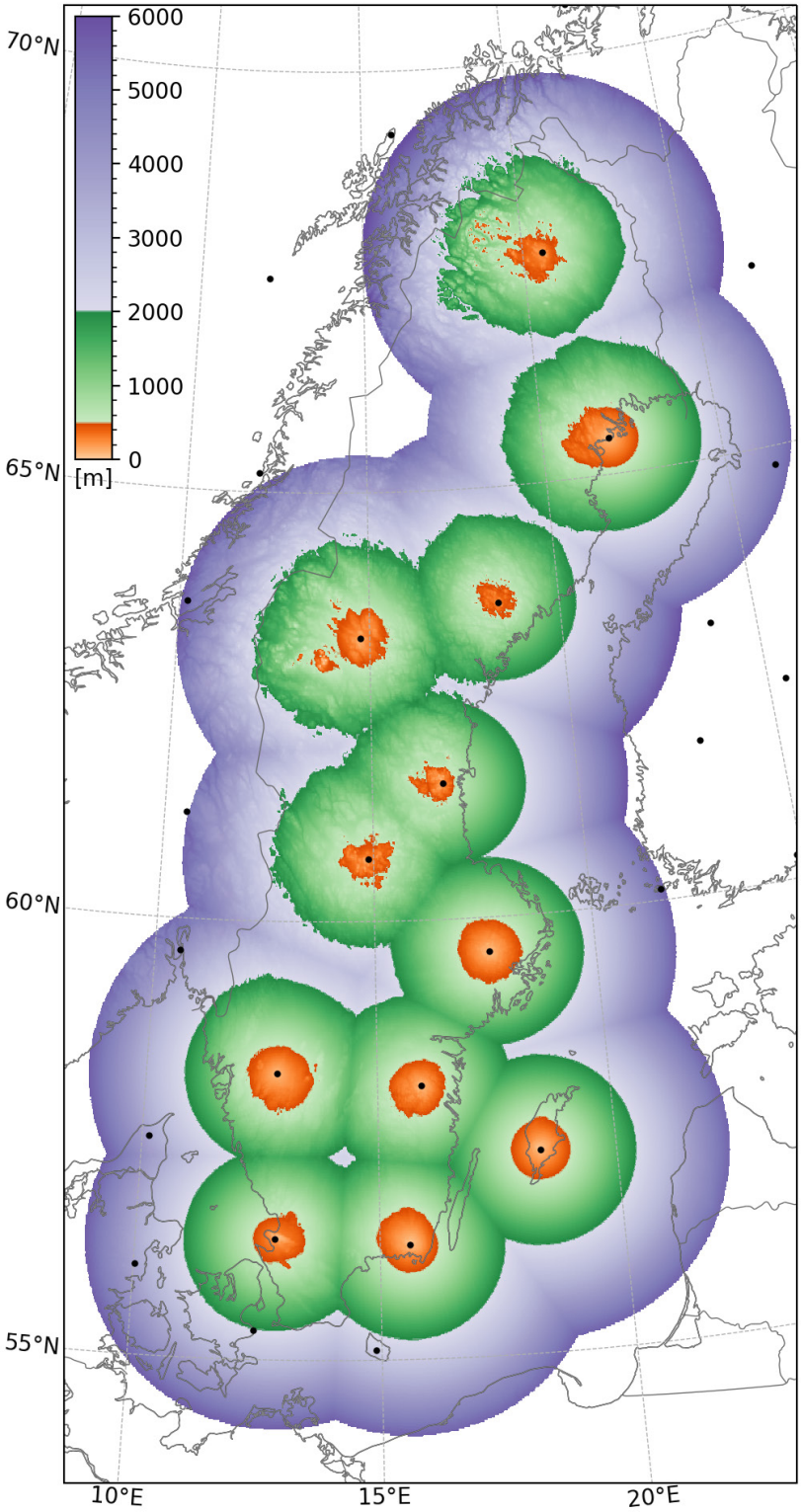
4. Flygplanens beteckning inom Försvarsmakten är S100D (Försvarsmakten, 2020).

I praktiken borde detta dock inte vara ett problem eftersom bränder inte växer till sig vid nederbörd. Även fåglar, insekter och eventuellt andra icke-meteorologiska ekon skulle kunna vara problematiskt vid detektering av brandrök med hjälp av väderradarunderlag (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

Väderradarstationerna i Sverige har en räckvidd på cirka 240 kilometer, men till följd av jordens krökning ökar avståndet till marken för det som närmast marken går att detektera med väderradarn. Den lägsta tillgängliga elevationsvinkeln på radarantennen för de svenska väderradarstationerna är 0,5 grader. Detta medför att på ett avstånd om cirka 240 kilometer är det lägsta (närmast marken) som går att detektera med väderradarn cirka 3,5 kilometer upp i luften, se Figur 1 nedan. I Sverige finns tolv utspridda väderradarstationer, vilka täcker i princip hela landet, se Figur 2 nedan (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).



Figur 1. Y-axeln utgör höjd över marken i förhållande till mitten på radarantennen, och X-axeln utgör avståndet till radarantennen där 0 meter från antennen motsvarar mitten av X-axeln. De färgade fälten indikerar sedan inom vilket område i luftrummet runt omkring radarstationen som det går att mäta med radarn från radarstationen, beroende på vilken vinkel som radarantennen har. (SMHI, 2020)



Figur 2. Radartäckhetskarta över Sverige med avseende på Sveriges väderradarstationer. De tolv väderradarstationerna är markerade med svarta prickar. Färgskalorna kring respektive väderradarstation anger inom vilken höjd över marken som radarmätningar är möjliga, givet att antennens vinkel är 0,5°. Röd markering omfattar 0 till 500 meter, grön markering 500 till 2 000 meter och lila markering 2 000 till 6 000 meter. (SMHI, 2020)

Baserat på en studie (Huang, o.a., 2009) framgår att brandrök som möjligen skulle kunna detekteras med hjälp av väderradar når en höjd om cirka 2,5 kilometer. Enligt Figur 2 ovan täcker de röda och gröna markeringarna de områden där Sveriges väderradarstationer kan mäta inom en höjd om 2 kilometer över marken. Sammanlagt talar detta för att större delen av Sverige skulle vara möjligt att kontinuerligt övervaka, och därmed detektera potentiella vegetations- och skogsbränder, med hjälp av de befintliga operativa väderradarstationerna.

På Island, samt i Italien, används mobila radarenheter inom X-bandet för att övervaka vulkaner genom att detektera aska. Detta tyder på att det dels borde gå att se aska med radar, dels att det även borde vara ett möjligt alternativ att komplettera väderradarsystemet i Sverige med mobila radarstationer för att eventuellt täcka upp håligheter i väderradarövervakningen (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

En annan intressant aspekt är att vissa molntyper är förknippade med just större bränder. Detta skulle då, utöver själva brandröken, kunna nyttjas som en indikation på att en eventuell brand har uppstått (Intervju med LTU, se Bilaga B. Intervjustudien). Det skulle kunna förlänga detektionsavståndet från en väderradarstation samt eventuellt även utgöra en alternativ detekteringsmetod baserad på väderradarunderlag. Dock är det oklart hur lång tid det skulle ta för en brand att medföra dessa molntyper, vilket gör att det även är oklart om det i praktiken går att nyttja för branddetektion.

4.2 Lidardetektering

Lidar står för light detection and ranging, vilket är en metod för att med hjälp av ljus i form av pulserande laser mäta avstånd till omgivningen. Detta genererar en tredimensionell bild av det skannade området med ytans karakteristik. Lidar används oftast vid skanning över stora områden från olika typer av flygande enheter (National Ocean Service, 2020).

Det går att detektera brandrök och brandens position med lidar under brandens tidiga skede både dag och natt. Som detekteringsmetod för brandrök är lidarn tämligen okänslig för skiftande väderförhållanden och kan detektera brandrök även genom tät molnighet. Vid ett försök då brandrök detekterades med lidar kunde brandens position bestämmas med en felmarginal om cirka 100 meter där avståndet mellan branden och lidarn var cirka 2,4 kilometer (Utkin, Fernandes, Simões, Lavrov, & Vilar, 2003).

Att lidar kan användas som en detekteringsmetod av bränder är känt sedan tidigare. Men för att få ett fungerande, pålitligt och effektivt detekteringssystem krävs det fortfarande en del vidare studier. Specifikt behövs ytterligare studier i att göra ett eventuellt lidardetekteringssystem ögonsäkert. Det borde kunna åstadkommas exempelvis genom att använda korta högrepetitiva laserpulser med ögonsäker laser, fördela lasern över en bredare stråle eller att använda en våglängd som är ögonsäker (Utkin, Fernandes, Simões, Lavrov, & Vilar, 2003).

Vid försök har en brand kunnat detekterats omgående med hjälp av en lidar på ett avstånd om cirka 6,5 kilometer. Försöken påvisade även att lidar kan detektera en pågående brand redan 40 sekunder efter att den har uppstått (Utkin, Fernandes, Simões, Lavrov, & Vilar, 2003). Andra studier har vidare konstaterat att lidar har en pålitlig detektionsradie upp emot cirka 23 kilometer beroende på väderförhållanden (Huang, o.a., 2009; Utkin, Fernandes, Simões, Lavrov, & Vilar, 2003).

Lidar kan detektera små bränder, men utrustningen behöver vara stationerad på en högre höjd, alternativt detektera från ett flygplan. Detta för att lidarn ska kunna erhålla en klar sikt över eventuell brandrök. Ett skannande lidardetektionssystem skulle kunna skanna av ett helt område kring enheten på mellan cirka 3 och 32 minuter, beroende på tekniska val i lidarutrustningen (Utkin, Fernandes, Simões, Lavrov, & Vilar, 2003).

Dock bedöms inte lidar utgöra en lämplig teknik att basera en branddetektionsmetod på. Detta beror till stor del på att det i dagsläget är en förhållandevis dyr teknik som har ett begränsat övervakningsområde. Som en jämförelse tar det cirka åtta år att skanna hela Sverige med lidar, medan det skulle ta cirka två till tre år att flygfotografera hela Sverige. Den förhållandevis stora skillnaden beror främst på att lidarn har ett så pass mycket mindre detekteringsområde. Det finns således andra tekniker som lämpar sig mycket bättre som branddetektionsmetod. Utvecklingen går dock snabbt framåt inom lidartekniken, och i framtiden kan det vara möjligt att nya lösningar eller tillämpningar kan medföra att lidar kan bli ett alternativ för vegetations- och skogsbrandsdetektering (Intervju med Komatsu Forest, se Bilaga B. Intervjustudien).

5. Generella aspekter för samtliga detekterings-metoder

I detta kapitel redovisas generella faktorer som på ett eller annat sätt påverkar samtliga detekteringsmetoder.

5.1 Detektering från marken eller luften

Vilken plattform som en detektionsmetods enheter är monterade på eller använder sig av påverkar bland annat från vilken höjd som den kan övervaka, vilket i sin tur kan påverka metodens effektivitet. Exempelvis är en markbaserad detektionsmetod begränsad av på vilken höjd respektive enhet är installerad, medan en detektionsmetod som är monterad på exempelvis ett flygplan är begränsad av vilken flyghöjd planet kan framföras på. För en flygande enhet kan även väderförhållandena påverka detekteringsmöjligheterna negativt, eftersom enheten kanske inte kan flyga i alla väderförhållanden. Dock har en detekteringsmetod som övervakar från hög höjd möjlighet att övervaka ett större område jämfört med om samma metod var markbaserad. Detta givet att en tillfredställande upplösning kan erhållas på den högre höjden.

Att använda flygande enheter, såsom flygplan eller helikoptrar, med eller utan tekniska detektionssystem, medför även en flexibilitet i vilka områden som kan övervakas för stunden och kan dessutom sättas in med en förhållandevis kort framförhållning. Möjligheten att utrusta flygande enheter med teknisk detektionsutrustning är även en fördel, och lokaliseringen av detekterade potentiella bränder är jämförelsevis mycket noggrannare jämfört med exempelvis detektering med hjälp av satellitunderlag. Nackdelar med att använda flygande enheter som en plattform för en detekteringsmetod är en ökad kostnad i och med flygtiden, begränsningar i tillgängligt luftrum av flygledningen, väderförhållanden som begränsar flygning och eventuella begränsningar i det momentana övervakningsområdet. Dock är det möjligt att med hjälp av obemannade flygande enheter antingen lindra eller helt eliminera problematiken med bemannade flygande enheter, eftersom de obemannade är jämförelsevis billigare och tillåtna att flyga i sämre väderförhållanden jämfört med de bemannade (Dimitropoulos, o.a., 2012).

Flygande enheter som används inom en branddetekteringsmetod kan med fördel även vara utrustade med en laserpositionerare, utöver annan eventuell detekteringsteknik. Detta skulle då kunna medföra att en detekterad potentiell brand på avstånd skulle kunna positioneras med större noggrannhet. Ju närmre den flygande enheten sedan kommer en eventuell brand, desto mer exakt blir positioneringen. Resultatet av detta skulle kunna vara kortare insatstider till följd av att larm kan förmedlas till aktuell räddningstjänst med en uppskattad position av den potentiella branden redan innan den flygande enheten har nått fram till den aktuella platsen (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Markbaserade detektionssystem kan med fördel nyttja redan existerande infrastruktur vid val av strategiska positioner för att installera en detektionsmetods respektive enheter, till exempel mobilmaster. Dock är de till stor del placerade där allmänheten uppehåller sig, vilket minskar nyttan av just den aktuella platsen eftersom allmänheten redan detekterar en övervägande andel av vegetations- och skogsbränderna i Sverige. Vindkraftverk i skog och mark skulle då kunna vara mer lämpade som strategiska installationsplatser (Intervju med Skogsstyrelsen, se Bilaga B. Intervjustudien). Fördelarna med dessa installationsplatser är bland annat deras höjd över marken, kommunikationsmöjligheter och elförsörjning.

5.2 Detektering från bemannade eller obemannade flygande enheter

Drönare kan delas upp i två olika typer, drönare med fasta vingar eller drönare med roterande vingar. De med fasta vingar har bättre förutsättningar att övervaka stora områden, medan de med roterande vingar har bättre förutsättningar att göra mätningar med hög upplösning. Drönare kan utrustas med flertalet olika sensorer utefter det aktuella behovet, exempelvis optiska sensorer, lidar och/eller radar. Olika drönarsystem har blivit alltmer intressanta vid tillämpningar av olika detektionsmetoder för vegetations- och skogsbränder till följd av deras flexibilitet, förhållandevis låga kostnad, möjlighet till högupplösta mätningar samt möjligheten att övervaka farliga områden utan att riskera säkerheten för någon operatör/spanare. Drönarsystem för detektion av vegetations- och skogsbränder finns föreslagna där flera drönare samarbetar för att detektera, lokalisera och möjliggöra realtidsmonitorering av bränderna i en ledningscentral (Hua & Shao, 2016).

En obemannad flygande enhet kan flyga i mer riskfyllda områden utan att riskera säkerheten för någon bemanning samt i teorin vara aktiv kontinuerligt dygnet runt, året om, vilket en bemannad flygande enhet inte har möjlighet till i samma utsträckning. Vissa obemannade flygande enheter kan ha svårt att lyfta tung utrustning, detta gäller dock oftast de mindre obemannade flygande enheterna. Exempelvis har en drönarbaserad detektionslösning testats i USA mellan åren 2006 och 2010, där en fem ton tung drönare utförde långvariga flygningar på omkring 24 timmar och kunde bära en last på cirka ett ton (Tang & Shao, 2015). Om en obemannad flygande enhet inte kan lyfta tillräckligt mycket skulle en alternativ lösning kunna vara att istället dela upp utrustningen på flera olika obemannade flygande enheter och flyga i formation, eller kluster, med trådlös kommunikation sinsemellan.

Luftsäkerheten, effektiviteten, och integrationen mellan obemannade och bemannade flygande enheter i ett redan upptaget luftrum är en utmaning som måste lösas (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016). Även om det finns många fördelar med drönare under en pågående insats så måste luftsäkerheten alltid säkerställas. Det kan därför ibland vara bättre att under vissa släckinsatser inte använda drönare om det samtidigt finns andra bemannade enheter att tillgå i luften (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien). Det skulle även vara möjligt att dela upp luftrummet så att exempelvis drönare enbart flyger närmast branden, medan övriga bemannade flygande enheter befinner sig inom det säkrare luftrummet något längre bort från branden.

I USA mellan 2006 och 2010 använde både NASA och US Forest Service en drönare med fast vinge för långtidsflygningar. Under tiden genomfördes 57 branddetektionsflygningar, och studier av flygningarna har påvisat att systemet kunde generera övervakning nästan i realtid (mellan 5 och 10 minuters fördröjning). System med flera drönare med roterande vingar har istället provats i både Spanien och Portugal. Studier av försöken i Spanien och Portugal påvisar att system med flera drönare med roterande vingar kunde generera realtidsövervakning av skogsbränder och att drönarna tillsammans kunde övervaka ett större område genom att övervaka kompletterande vinklar av området. Bedömningen är att forskning inom och tester med drönare för branddetektion kommer att öka i framtiden till följd av att drönare av olika slag snabbt utvecklas och blir tillgängliga (Hua & Shao, 2016).

Vid kontinuerliga övervakningsuppdrag där en drönare kan vara stilla i luften finns det även drönare som har möjlighet att flyga kopplade med sladd till elkraft. Detta möjliggör att drönaren kan hovra så länge det är nödvändigt utan att behöva gå ner för att laddas (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien). En drönare med sladd skulle därmed kunna uppfylla samma funktion som exempelvis ett obemannat brandtorn, givet att drönaren och brandtornet utrustas med samma enheter. Om en eventuell framtida branddetektionsmetod kommer att bestå av enheter installerade på hög existerande infrastruktur på strategiska platser (exempelvis ett kamerabaserat detektionssystem installerat på mobilmaster och vindkraftverk) så skulle denna lösning kunna vara ett alternativ i områden där lämpliga installationsplatser saknas. Detta givet att elförsörjningen kan lösas.

Ett eventuellt framtida drönarsystem med tanken att användas inom skogsbruket kommer i princip att behöva vara autonomt. En anledning till detta är att det oftast är tillfällig personal som arbetar i skogen, och att de då även skulle behöva vara utbildade piloter för drönare bedöms som svårt att få till. Potentialen med drönartekniken inom skogsbruket är dock stor. Exempelvis skulle drönaren kunna matas med gps-data från maskinerna som då avgör var en autonom drönare ska flyga och bevaka (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien).

Det spås dock att energianvändningen för detektionsmetoder monterade på obemannade flygande enheter kommer att bli en stor begränsning i framtiden. Där kommer dessutom vidareutveckling av tillräckligt robusta automatiska detektionsmetoder, möjlighet till integrering med andra system samt bästa nyttjandet av nya tekniska detektionsmöjligheter att behövas (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

År 2018 uppgav cirka 25 procent av Sveriges räddningstjänster att de har eller planerar för att starta en drönarverksamhet. År 2020 hade cirka 10 procent av räddningstjänsterna en operativ drönarverksamhet. Variationen i omfattningen är dock stor, där vissa räddningstjänster har en mindre drönare i släckbilen medan andra har egna drönarenheter. Att en räddningstjänst har en drönarverksamhet möjliggör att från luften sända bildmaterial till ledningscentralen som då direkt får tillgång till otolkat underlag från olycksplatsen. Med det menas att det inte är någon på olycksplatsen som tolkar situationen och sedan rapporterar till ledningscentralen. Detta medför att ledningscentralen själv kan skapa sig en egen uppfattning om situationen på olycksplatsen. För vissa insatser har denna

tillgång på drönarunderlag bedömts vara avgörande för att det blev en lyckad insats. Dock är det oklart om någon av dessa insatser har omfattat vegetations- och/eller skogsbränder (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

5.3 Informationssäkerhet och andra lagkrav

Beroende på vilken typ av detektionsmetod som används, vad som går att utläsa ur materialet samt hur bildmaterialet distribueras och hanteras kommer informationssäkerhet och andra lagkrav att vara mer eller mindre avgörande för detektionsmetodens möjligheter att bli en operativ metod i Sverige.

Exempelvis skulle en detekteringsmetod som baseras på en högupplöst optisk sensor som använder synligt ljus monterad på en drönare kunna komma att omfattas av säkerhetsskyddslagen (SFS 2018:585) eftersom bildmaterialet kan komma att innehålla säkerhetsskyddad information. Detta kan exempelvis handla om olika skyddsobjekt, militärövningar och annat av nationellt skyddsvärde. Dessutom enligt skyddslagen (2010:305) kan dessa exempel även utgöra bilder som redan vid avbildningstillfället är olagliga (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien). Huruvida dessa lagar blir aktuella eller inte för en detekteringsmetod beror på vad som går att utläsa ur underlaget. Men om underlaget klassas som säkerhetsskyddad information så följer krav bland annat på hur informationen i underlaget hanteras, distribueras, och lagras. Det finns även restriktionsområden där själva flygningen i sig ofta inte är tillåten, till exempel i nationalparker och naturreservat.

Även den personliga integriteten behöver beaktas, och kameraövervakningslagen kan komma att gälla beroende på upplösningen i bildmaterialet. Det skulle i så fall medföra krav på godkända tillstånd för att få använda kameraövervakningen (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien). Detta skulle även kunna gälla för en framtida detekteringsmetod med mycket högre upplösta satellitbilder.

All avbildning från luften i Sverige behöver granskas av Lantmäteriet innan det är tillåtet att sprida materialet till en annan organisation. Detta medför restriktioner för vilka som kan komma att få arbeta med underlaget innan det är granskat. En möjlig lösning skulle kunna vara att ledningscentralen, drönarverksamheten och övrig nödvändig verksamhet skulle kunna ingå i samma organisation. Detta behöver även omfatta informationssäkerheten med att skicka materialet. Det är därför viktigt att både Säkerhetspolisen och Försvarsmakten tillsammans med Lantmäteriet får vara delaktiga i ett eventuellt framtida arbete med en detektionsmetod i Sverige där underlaget kan komma att innehålla säkerhetsskyddad information (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

6. Detektionsmetoder i Sverige

I detta kapitel redovisas en historisk tillbakablick på detekteringsmetoden av vegetations- och skogsbränder i Sverige. Därefter beskrivs dagens metod, följt av möjliga framtida detekteringskoncept i Sverige.

6.1 Historisk tillbakablick

De första brandtornen byggdes under slutet av 1800-talet, och under 1930-talet beslutade staten att Sverige skulle ha rikstäckande bevakning med brandtorn. Syftet var till stor del att upptäcka bränder förorsakade av krigshandlingar. 1934 genomfördes även de första försöken med brandflyg av 4. Flygkåren i Östersund, där förebilden var erfarenheter från Finland och Kanada (Räddningsverket, 2007).

Efter andra världskriget avvecklades brandbevakningsverksamheten för de brandtorn söder om linjen Karlstad–Gävle och överlämnades till Försvarsmakten för luftbevakning. Detta till följd av att antalet upptäckta bränder i södra Sverige var mycket lågt. I mitten av 1950-talet steg kostnaderna för brandtornen, och andra bevakningsalternativ började undersökas (Räddningsverket, 2007).

Sven Rohlén (brandchef i Gävle och ordförande i Gävlebygdens flygklubb) föreslog 1955 att försök skulle genomföras med brandflyg. Länsstyrelsen i Gävleborg fick tillstånd och medel för att genomföra försöken och ett 6 500 kvadratkilometer stort område inom länet valdes, vilket ersatte bevakningen från 11 brandtorn. Redan från start fanns det en tvetydighet om antalet bränder som brandflyget detekterade. Brandflygsutövarna bedömde att 25 bränder detekterades av brandflyget, medan länsskogsbrandsinspektören bedömde att det var 6 bränder. Försöken med brandflyg fortsatte även under 1956, och 1957 gavs tillstånd för brandbevakning med brandflyg till 8 länsstyrelser varav 4 utnyttjade möjligheten. Verksamheten med brandflyget fortsatte, och allt fler länsstyrelser anslöt sig (Räddningsverket, 2007).

1961 var 44 brandtorn bemannade, vilka upptäckte 4 bränder, och 1962 var 18 brandtorn bemannade som då upptäckte 2 bränder. 1965 föreslog Statens Brandinspektion att de kvarvarande 200 brandtornen skulle sluta användas för brandbevakning och istället överföras till Försvarsmakten (Räddningsverket, 2007).

1965 var inriktningen att ha kontinuerlig brandbevakning i de län som ligger norr om linjen Karlstad–Uppsala och tillfällig brandbevakning i övriga län. Under åren 1965–1994 förblev inriktningen angående brandbevakningen i huvudsak oförändrad. 1995 kom en ny inriktning där de huvudsakliga förändringarna var att varje länsstyrelse själva upphandlar tjänsten med brandflyget, fördelningen mellan kontinuerlig och tillfällig brandbevakning slopades samt att Räddningsverket stod för den övergripande inriktningen och finansieringen. Endast mindre revideringar av inriktningen skedde under åren 1995–2001. Under 2002 beslutade dock Räddningsverket att inte längre finansiera eller organisera verksamheten med brandflyg. Detta till följd av att de ansåg att ansvaret för att skydda och

bevaka egendom istället ligger hos ägaren eller innehavaren. Beslutet föregicks bland annat av en utredning som slog fast att intressenter såsom företrädare för skogsägare och försäkringsbolag inte var intresserade av att medverka i finansieringen av brandflyget. 2007 beslutades dock att brandflyget återigen skulle upptas i statlig regi, huvudsakligen i enlighet med samma inriktning som 1995–2002 (Räddningsverket, 2007). Sedan dess har inriktningen uppdaterats, och den senast publicerade inriktningen för brandflyget gäller från 2020 (MSB, 2019b). Historiskt sett har det i princip enbart varit flygklubbar som har utgjort brandflygsverksamheten i Sverige (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien).

Inom skogsbranschen har synen på skogsbrandsfrågor tidigare varit att de inte utgör ett stort problem i Sverige. Men sedan år 2014 uppger Skogsstyrelsen att intresset för skogsbrandsfrågor har ökat, och sedan år 2015 har Skogsstyrelsen tjänster för att följa utvecklingen av bränder samt för att kartera det brandhärjade området (Intervju med Skogsstyrelsen, se Bilaga B. Intervjustudien).

6.2 Nuläget i Sverige

I Sverige är det idag enbart allmänheten och brandflyg som utgör detekteringsmetoder för vegetations- och skogsbränder, och i Stockholms län är det endast allmänheten. Dock betyder detta inte att Stockholms län är helt utan brandflyg, eftersom angränsande läns flygslingor även kan täcka en del av Stockholms län (MSB, 2020c). Förutsättningarna i länen samt effektiviteten av brandflyget i Sverige skiljer sig dock åt mellan länen. Det tyder på att olika detekteringsmetoder kan vara aktuella för de olika länen (Sjögren, 2013).

I Sverige har under åren 2010–2019 totalt 6 490 insatser genomförts för bekämpning av vegetations- och skogsbränder (i statistiken benämnd som insats i produktiv skogsmark), där medelvärdet var 649 insatser per år (MSB, 2020c). En studie har även påvisat att län med hög persontäthet utgör de län med flest bränder per arealenhet. Detta kan bero på att det är fler invånare som kan upptäcka bränderna, samtidigt som det även är fler invånare som kan riskera att generera bränder (Sjögren, 2013).

Brandflyget i Sverige får betalt per flygtimme, vilket medför att kostnaderna varierar mellan åren. Under 2008–2019 var medelkostnaden cirka 7 450 000 kronor. Variansen var dock stor, där det år med lägst kostnad var 2012 med cirka 700 000 kronor och året med högst kostnad var 2018 med cirka 29 860 000 kronor. En anledning till variansen mellan åren är att brandriskprognosen, som varierar med rådande väder, ligger till grund för att avgöra när flygningar ska ske (MSB, 2020c).

Effektiviteten av brandflyget i Sverige skiljer sig stort mellan de olika länen. Som medel under åren 2010–2019, för alla län i Sverige, upptäckte brandflyget cirka 13,8 procent av de vegetations- och skogsbränder (i statistiken benämnd som insats i produktiv skogsmark) som resulterade i en insats. Dock varierade andelen mellan cirka 0 procent till 33,7 procent mellan det län med lägst andel (Skåne) till det län med högst andel (Blekinge) för de län som använder sig av brandflyg. Dock startade Skåne sin verksamhet med brandflyg först år 2019 och hade det året enbart 47 flygtimmar. Exkluderas Skåne ur statistiken är istället

Jämtland lägst, med cirka 4,4 procent av insatserna där branden upptäcktes med hjälp av brandflyget (MSB, 2020c).

Stockholms län är idag det enda län som inte bedriver någon egen verksamhet med brandflyg. Dock kan grannlänens brandflyg till viss del täcka en del av Stockholms län. Omfattningen av användandet av brandflyg varierar också mycket mellan länen för åren 2010–2019, där länet med lägst antal flygtimmar för brandflyget var Skåne med 47 flygtimmar. Exkluderas Skåne ur statistiken, till följd av att de startade sin verksamhet med brandflyg år 2019, så är det istället Blekinge med 546 flygtimmar som utgör det län med minst antal flygtimmar för brandflyget. Länet med flest flygtimmar för brandflyget var Västra Götaland med 3 476 flygtimmar (MSB, 2020c).

En intressant iakttagelse bland statistiken för brandflyget (under åren 2010–2019) var att Blekinge hade högst andel insatser där branden hade upptäckts med hjälp av brandflyget, samtidigt som de även hade minst antal flygtimmar (om Skåne exkluderas ur statistiken). Dock kan statistiken till viss del vara missvisande när den utvärderas på länsnivå, eftersom grannlänens bevakning med brandflyg till viss del även kan täcka andra läns områden. Detta medför att det är möjligt att Blekinge kan ha relativt många upptäckta bränder med hjälp av brandflyg, samtidigt som de själva har förhållandevis få antal flygtimmar med brandflyget. Huruvida det är så eller inte har dock inte utvärderats vidare i denna studie. Detta eftersom det är främst statistik på nationell nivå som här är av intresse (MSB, 2020c).

I Sverige är det MSB som ansvarar för den övergripande inriktningen, finansieringen, uppföljningen, slutlig utvärdering och slutredovisning av resultatet för verksamheten med brandflyg i Sverige. Länsstyrelserna har i sin tur produktionsansvaret för verksamheten med brandflyget inom sitt respektive län. Detta omfattar bland annat att respektive länsstyrelse inom sitt län och utifrån den lokala riskbilden ska utarbeta flygslingor som brandflyget ska följa. Den entreprenör som anlitas av en länsstyrelse för att utföra bevakningen med brandflyg ska säkerställa att minst två flygningar per dag i respektive flygslinga kan genomföras. Vid upphandlingen av entreprenör, vilken länsstyrelsen ansvarar för, ska länsstyrelsen sträva efter att prioritera korta anflygningar till de aktuella flygslingorna (MSB, 2019b).

I Sverige finns idag frivilliga flygklubbar och andra ideella organisationer som har förmågan att utföra den verksamhet som brandflyget innebär. Dock måste länsstyrelserna handla upp entreprenören till brandflyget genom en offentlig upphandling (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien). Men de frivilliga flygklubbarna och andra ideella organisationer får inte bedriva verksamhet i konkurrens med kommersiell verksamhet. Detta innebär att om det finns företag som bedriver brandflygsverksamhet kommersiellt, så måste de prioriteras vid upphandlingar (Transportstyrelsen, 2020). Likväl utförs cirka 90 procent av brandflygsverksamheten i nuläget av flertalet olika flygklubbar och resterande av några få olika kommersiella aktörer (KSAK, 2021).

Beslut om att skicka upp brandflyg grundar sig i stort på informationsunderlag som levereras av SMHI och utgör bland annat brandriskprognoser, åskriskprognoser samt blixtregistreringar. Ur inriktning från MSB angående brandflyget bör flygningarna genomföras under eftermiddagarna eftersom brandrisken ofta

är högre då, till följd av lägre luftfuktighet i kombination med en ofta högre temperatur. Men det är även befogat att ta hänsyn till lokala särskilda faktorer som kan påverka brandrisken. Dessa kan exempelvis utgöras av friluftsliv i otillgängliga områden (MSB, 2019b).

Inriktningen för brandflyget, beslutad av MSB för år 2020 och framåt, innehåller inget krav på speciell utrustning som ska användas vid detektering av vegetations- eller skogsbränder från brandflyget. Det enda som framgår är att värmekamera med fördel kan användas under särskilda riktade uppdrag (MSB, 2019b).

Inom Sverige pekar trenden på att det privata flyget (sportflygarna) utgörs av allt färre piloter samt att de piloter och flygplan som finns tenderar att inskränkas till allt färre flygplatser. Trenden anses vara som tydligast i de mer glesbefolkade delarna av landet. Det riskerar att leda till att brandflyget blir lidande eftersom underlaget för att bedriva verksamheten försämras, exempelvis genom färre tillgängliga flygplan eller ett allt längre avstånd mellan bevakningsslingan och flygplatsen för det aktuella brandövervakningsplanet (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

Sedan omkring 2014 bistår Kustbevakningen med att, i möjligaste mån inom sitt myndighetsutövande, aktivt detektera och rapportera in potentiella bränder, exempelvis genom att under somrarna spana efter potentiella bränder när deras flygande enheter ändå behöver förflytta sig över land. Där detekterar de emellanåt ej tidigare inrapporterade vegetations- och skogsbränder. Eftersom branddetektion inte utgör en del av Kustbevakningens myndighetsansvar förekommer dock inga dedikerade flygningar enbart för att upptäcka bränder. Men om en potentiell brand skulle detekteras så kommer den flygande enheten att stanna kvar och bistå släckinsatsen vid behov. Kustbevakningen skulle bland annat kunna hjälpa till med att påbörja insatsen, koordinera övriga flygande enheter (exempelvis helikoptrar för vattenbombning) och/eller följa utvecklingen av branden från luften (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

Kustbevakningen detekterar potentiella bränder med hjälp av infrarödteknik som även positionerar de potentiella bränderna på en karta, vilken även räddningstjänsterna har tillgång till. Inrapporteringen av en detekterad potentiell brand går via Sweden Rescue till SOS Alarm som då kontrollerar ifall det finns en tidigare inrapporterad brand eller inte. Kustbevakningen och räddningstjänsterna har tillgång till samma system, vilket medför att de kan ha en tätare och mer direkt kommunikation. Kustbevakningen har dessutom möjlighet att direkt skicka stillbilder från luften till räddningsledaren under en pågående insats (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

Kustbevakningen har även genomfört test för att bedöma hur pass små bränder deras flygande enheter idag kan detektera. Resultatet påvisade att en grill på en åker med ett avstånd om cirka 30 kilometer var möjlig att detektera trots sämre väderförhållanden. De infrarödsensorerna ombord på de flygande enheterna ska dessutom inom en snar framtid genomgå en uppdatering, vilket ytterligare kommer att öka de flygande enheternas förmåga att detektera bland annat bränder (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

En fingervisning angående övervakningskapaciteten, vid branddetektion, för en flygande enhet hos Kustbevakningen är att ett normalt flygpass pågår i cirka 6 timmar med en hastighet på ungefär 180 knop (cirka 330 km/h). Hur stort område som sedan kan övervakas under ett flygpass beror emellertid mycket på vilken höjd planet kan flyga på. Det vanligaste är att den flygande enheten ligger på cirka 5 000 fot (cirka 1,5 kilometer) (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

6.2.1 Förslag på förbättringsåtgärder för nulägets detekteringsmetoder i Sverige

I detta avsnitt redovisas identifierade förbättringsförslag, som är mer eller mindre kopplade till de detekteringsmetoder som för närvarande används i Sverige.

6.2.1.1 Allmänheten

Huruvida allmänheten utgör en detektionsmetod eller inte är en definitionsfråga. Men att ytterligare inkludera allmänheten för att detektera och/eller verifiera potentiella vegetations- och skogsbränder är fullt möjligt. Ett alternativ skulle kunna vara att vid en detektion av en potentiell brand skicka sms till samtliga mobiltelefoner i dess närhet. Ett sådant sms skulle kunna innehålla bland annat en beskrivning om var den potentiella branden är positionerad, en uppmaning om att på ett säkert sätt verifiera ifall det är en brand samt – om det visar sig vara en brand – att även evakuera området. Med fördel borde även ett sådant sms innehålla en länk som leder till en sida där mer information skulle kunna framgå samt även en karta med branden och individens position markerade.

Det kan med fördel även finnas en applikation tillgänglig för allmänheten att ladda ner, som åtminstone innehåller ovan nämnda varningsfunktion och som skulle kunna utgöras av en vidareutveckling av MSB:s redan existerande applikation Brandrisk Ute. Detta eftersom denna applikation redan innehåller annan relevant information angående vegetations- och skogsbränder samt är riktad till allmänheten.

Fördelen med att utgå från ett sms-utskick är att alla mobiltelefoner inkluderas i detektionsmetoden och inte enbart de mobiltelefoner som har applikationen installerad. Detta borde vara möjligt att förhållandevis omgående realisera, eftersom det redan idag är tillåtet att göra VMA-utskick via sms till mobiltelefoner som befinner sig inom geografiskt avgränsade områden (MSB, 2019a).

Genom att vidareutveckla den existerande applikationen Brandrisk Ute eller genom att utveckla en ny applikation skulle även funktioner som att rapportera in en potentiell brand genom att ta en bild med mobilen kunna möjliggöras, likt den applikation som tidigare har utvecklats i Sydafrika (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien). Detta skulle göra det möjligt att med hjälp av mobilens gps samt bildanalys av den tagna bilden uppskatta positionen av den potentiella branden.

En applikation skulle även kunna nyttja mobilens gps för att hjälpa till att positionera en detekterad potentiell brand. Dock kommer inte detta att medföra någon förbättring i att positionera individen, i jämförelse med

om individen skulle ringa SOS Alarm. Detta eftersom en mobiltelefons positionering, med hjälp av mobilens gps, redan per automatik skickas till SOS Alarm när någon ringer 112 (SOS Alarm, 2019). Skillnaden skulle förvisso kunna vara att med en applikation så möjliggörs funktionen att användaren själv kan uppskatta var den potentiella branden finns och inte enbart var användaren är positionerad.

Att en applikation troligen skulle öka kvaliteten på de inrapporterade larmen från allmänheten framgår även av intervjustudien (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

6.2.1.2 Brandflyget

Upphandlingarna av brandflygsverksamheten bedöms till största delen enbart vara inriktade på den flygande verksamheten, och alltså inte på själva brand-detektionsaspekten av verksamheten. Det har därför bedömts som rimligt att se över möjligheterna till att i större utsträckning öppna för att länsstyrelserna ska kunna ställa hårdare krav på tekniska detektionshjälpmedel i sina upphandlingar. Exempelvis borde det vara möjligt att i upphandlingarna kravställa att värmekamera ska finnas med vid flygning med brandflyg. Det som dock kan bli problematiskt ur en upphandlingssynpunkt är ovissheten angående hur tillgången på möjliga entreprenörer ser ut (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien).

Upphandlingarna skulle möjligen kunna förbättras genom att inte låta respektive länsstyrelse genomföra separata upphandlingar, utan att istället se över möjligheterna att antingen genomföra en nationell upphandling, som respektive länsstyrelse sedan kan avropa från, eller låta färre länsstyrelser genomföra upphandlingar för större områden bestående av ett antal olika länsstyrelser. Det är dock viktigt att komma ihåg de regionala skillnaderna vid en eventuell förändrad upphandlingsmodell (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien). En aspekt som dock talar emot en nationellt täckande upphandling är osäkerheten om det finns någon aktör (med eller utan underleverantörer) som kan tillhandahålla tjänsten i hela landet (MSB, 2020c).

En riktad analys specifikt angående brandflyget borde troligen kunna leda till att förbättringsåtgärder identifieras. Frågeställningar som i så fall skulle kunna bli aktuella vore att bedöma hur stort område ett brandflyg generellt kan övervaka. Men även vilken specialutbildning besättningen bör ha och hur den bäst lärs ut samt hur effektiv en spanare i brandflyget kan vara på att värdera och kommunicera sina observationer av brandbeteenden (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

6.2.1.3 Kustbevakningens medverkan till vegetations- och skogsbrandsdetektering

MSB har tidigare skickat en förfrågan till Kustbevakningen angående deras assistans med att detektera potentiella vegetations- och skogsbränder (MSB, 2020a). Kustbevakningen bistår redan idag med att, inom deras myndighets-utövande, aktivt detektera vegetations- och skogsbränder när deras flygande enheter behöver passera över land under brandrisksäsong. Denna verksamhet

kan dock förbättras och utvecklas genom att dels införa en insatsberedskap hos Kustbevakningen som då skulle medföra en förbättrad tillgänglighet, dels undersöka möjligheterna för MSB att köpa in, eller på annat sätt säkerställa, dedikerade branddetektionsflygningar av Kustbevakningen. Detta är en tjänst som MSB med fördel borde undersöka om även andra myndigheter har möjlighet att bistå med. Exempelvis skulle kanske Försvarsmakten och/eller Polisen ha liknande möjligheter som Kustbevakningen (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

En möjlig teknisk förbättring av Kustbevakningens möjligheter att bistå vid en släckinsats hade varit att göra det möjligt att liveströmma bildmaterial direkt från en flygande enhet till en räddningsledare. Detta skulle troligen kunna bidra med mycket användbar information till räddningsledaren (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

6.2.1.4 SMHI:s testverksamhet med satelliter för branddetektion

En möjlig förbättringsåtgärd av SMHI:s testverksamhet med satelliter för branddetektion skulle kunna vara att komplettera verksamheten med satellitunderlag från SSC (Swedish Space Corporation) och ESRANGE (European Space and Sounding Rocket Range). Detta eftersom de och SMHI arbetar delvis med olika satelliter (Intervju med LTU, se Bilaga B. Intervjustudien).

6.3 Detekteringskoncept i Sverige

I detta avsnitt kommer identifierade möjliga framtida nya detekteringskoncept att redovisas. De kan antingen kombineras med varandra till ett helhetskoncept eller enskilt utgöra ett detekteringskoncept i Sverige.

6.3.1 Satellitdetektering

En utbredd bedömning är att Sverige ska börja använda satellitunderlag för att detektera vegetations- och skogsbränder. Detta framgår dels av intervjustudien (Intervju med KTH, se Bilaga B. Intervjustudien), dels av MSB:s egna preliminära resultat från en optimeringsstudie (MSB, 2013).

Även om inte satellitunderlag bedöms kunna utgöra den enda detekteringsmetoden, så framgår det likväl av avsnitt 3.4 att bränder redan idag har detekterats först med satellitunderlag. Dessutom har detektionsmetoden en förhållandevis låg kostnad (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien), och metoden utvecklas ständigt till följd av andras arbete (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien). Detta medför att med en förhållandevis låg kostnad är det möjligt att tämligen omgående starta en kompletterande detektionsmetod, som ständigt skulle kunna förbättras med tiden utan någon större extra arbetsinsats.

6.3.2 Radardetektering

I avsnitt 4.1 samt av intervjustudien (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien) framgår att det idag är möjligt att detektera brandrök med

hjälp av radar, bland annat med väderradarstationer. Att använda just väderradar medför att redan existerande väderradarstationer i Sverige kan användas för att producera underlaget, vilket i sin tur minimerar investeringskostnaderna för att starta en sådan detektionsmetod. Eftersom väderradaravläsning utgör en verksamhet som SMHI likväl ändå genomför blir följden dessutom att kostnaderna för insamlingen av själva underlaget borde kunna bli minimal.

Detektionsmetodens möjliga låga kostnad, att större delen av Sverige redan idag täcks av någon väderradarstation och att väderradarunderlaget ändå samlas in talar för att detta är en metod som borde undersökas vidare för att i framtiden kunna utgöra en detekteringsmetod för vegetations- och skogsbränder i Sverige.

6.3.3 Kameradetektering

En detektionsmetod baserad på optiska sensorer bedöms, utifrån vad som framgår i avsnitt 3.5, kräva förhållandevis många enheter för att kunna utgöra en markbaserad, nationellt täckande detekteringsmetod för vegetations- och skogsbränder i Sverige. Detta skulle kunna medföra ett omfattande installations- och underhållsarbete som möjligen kan undvikas genom att nyttja andra detektionsmetoder. Det förhållandevis stora antalet enheter kommer troligen även att generera en större mängd analysmaterial som behöver bearbetas i förhållande till andra möjliga nationellt täckande detektionsmetoder. Detta talar för att andra detekteringsmetoder istället bör undersökas, för att möjligen utgöra en framtida markbaserad nationellt täckande detektionsmetod. Likväl skulle det kunna vara ett alternativ för mindre områden med antingen ett högt skyddsvärde eller extra hög brandrisk.

Vidare har detektionsmetoden visat sig vara effektiv på att detektera vegetations- och skogsbränder från flygande enheter, se avsnitt 6.2. Detta talar för att den skulle kunna vara en bra metod för att utveckla brandflyget i Sverige. Utifrån tidigare nämnt avsnitt bedöms det därför rimligt att i samarbete med bland annat Kustbevakningen utreda detta vidare. Om brandflyget sedan är den detekteringsmetod som även i framtiden kommer att utgöra den nationella branddetekteringsmetoden för vegetations- och skogsbränder i Sverige bör det vara rimligt att även utveckla skogsbrandflyget som metod. I utvecklingsarbetet bör följaktligen bland annat kameradetektering beaktas.

6.3.4 Drönarbaserat brandflyg

Problemet med att ersätta brandflygets bemannade flygplan med exempelvis autonoma drönare är främst de juridiska problem som en sådan verksamhet skulle medföra. Detta kan dock komma att ändras i framtiden, varpå utvecklingen bör följas även framgent.

Dock är inte de juridiska problemen förknippade med den verksamhet som exempelvis räddningstjänsterna själva kan utföra för att erhålla de synergieffekter som annars brukar tillskrivas brandflyget, se avsnitt 3.2. Detta talar för att vidare arbete bör genomföras inom området.

6.3.5 Kombination av ingångsvärden och/eller metoder

Generellt är det bra att kombinera olika ingångsvärden vid en analys, och då även för en detekteringsmetod. Exempelvis arbetar SMHI fram underlag i form av väderradarprognoser, satellitunderlag av olika slag, brandriskprognoser, blixtdetektering och vanliga väderprognoser. Alla dessa underlag skulle kunna kombineras för att ytterligare förbättra en framtida detektionsmetod och bedöms även av SMHI utgöra bra ingångsvärden (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien). Kombinationen med radarunderlag, satellitunderlag och brandriskprognoser som indata för en branddetekteringsmetod har även föreslagits av internationella forskare (Zrnic, Zhang, Valery, & Mirkovic, 2020).

Kombinationen av just radarunderlag och satellitunderlag bedöms medföra att det borde vara lättare att positionera detekterade potentiella bränder. Detta genom att kombinera den uppskattade positioneringen av den potentiella branden från de olika underlagen. Dessutom borde kombinationen medföra en lägre andel felaktiga larm, eftersom det ena underlaget kan användas som en verifikation av det som det andra underlaget detekterar (Intervju med LTU, se Bilaga B. Intervjustudien).

Ytterligare underlag för att underlätta för räddningstjänsten är också möjligt. Till exempel har Skogforsk (och till viss del även Trafikverket) underlag i form av kartering av Sveriges skogsvägar som skulle kunna vara intressant att addera till en framtida detektionsmetod (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien). Detta för att underlätta för räddningstjänsten att välja rätt angreppsväg till den potentiella branden, men även för att kunna visa på existerande möjliga brandbegränsningslinjer.

Vidare har Skogsstyrelsen databasen Skogsgrunddata som används för att bedöma den tillgängliga skogsvolymen. Detta underlag skulle möjligen kunna användas för att bedöma det lokalt tillgängliga bränslet och därmed även kunna både förbättra brandriskprognoserna och ge användbar information vid en eventuell släckinsats. Databasen uppdateras dock inte årligen, men i och med att Skogsstyrelsen även får rapporter om var och när avverkning av skog sker så vore det möjligt att kunna identifiera vilket underlag som inte är uppdaterat (Intervju med Skogsstyrelsen, se Bilaga B. Intervjustudien).

Det är även möjligt att till viss del inkludera gps-underlag angående var skogsmaskiner har arbetat för att indikera områden där en förhöjd brandrisk kan råda till följd av skogsarbete. Även underlag om var och när tågen i Sverige framförs är möjligt att inkludera, för att indikera områden där det finns brandrisk till följd av tågtrafik. Detta är underlag som med fördel även skulle kunna inkluderas i en framtida detektionsmetod för att identifiera möjliga områden med en eventuell högre brandrisk (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien).

6.3.6 Generellt för den framtida branddetekterings-verksamheten

En framtida detekteringsverksamhet i Sverige borde bestå av ett differentierat underlag och olika detekteringsmetoder. Detta borde öka detektionsverksamhetens resiliens och redundans. Genom att komplettera olika detektionsmetoder borde även fördelarna med en metod kunna komplettera en annan metods

nackdelar. Detta borde även kunna leda till en stabilitet och kontinuitet i detektionsverksamheten i Sverige, vilket har bedömts som särskilt viktigt (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien).

För att underlätta en framtida detektionsverksamhet baserad på flera olika metoder och underlag skulle ett bakomliggande system kunna arbetas fram. Det skulle då kunna ansvara för den övergripande branddetektionsanalysen. Möjligen skulle detektionerna då bli mer träffsäkra, eftersom de olika metoderna, med respektive underlag, borde kunna användas för att verifiera, alternativt förkasta, varandras detektioner.

Den ackumulerade informationen, som ett övergripande system skulle innehålla, borde även kunna nyttjas för andra tjänster för att underlätta för räddningstjänsten inför, under och efter en eventuell släckinsats. Men även i det förebyggande arbetet med vegetations- och skogsbränder. Dessutom borde även brandriskprognoserna kunna förbättras till följd av den ackumulerande informationen.

6.4 Synergieffekter

Nedan redovisas de synergieffekter som har identifierats under arbetet med denna studie.

Om SMHI skulle ansvara för en framtida detektionsmetod skulle en synergieffekt kunna vara att SMHI och MSB redan har ett utvecklat samarbete med bland annat ett operativt delgivningssystem av larm och rapporter (Milz, 2013). Detta system borde med fördel i så fall även kunna omfatta larm om potentiella bränder som skickas från SMHI till MSB samt aktuella räddningstjänster (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

I framtiden spås drönartransporter öka i omfattning. En möjlig synergieffekt skulle då kunna vara att alla drönare som flyger även skulle kunna spana efter potentiella bränder och rapportera dem. Alla drönare skulle även kunna programmeras med en form av prioriteringslista, där exempelvis en drönare tillfälligt avbryter sin leverans när den detekterar en potentiell brand för att istället kunna bistå räddningstjänsten under en eventuell insats, innan drönaren därefter slutför sin leverans (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Om brandflyget skulle ersättas med drönare medför det en synergieffekt i form av att flygverksamheten skulle kunna bli eldriven. Det skulle medföra att brandflygsverksamheten skulle generera mindre utsläpp av växthusgaser till följd av flygningarna. Drönarna kan även bestå av utbytbara sensorer som genom att bytas ut kan anpassas efter behovet. Detta medför att samtliga drönare i så fall även skulle kunna nyttjas för andra uppdrag som ställer krav på andra typer av sensorer (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien). Vanliga sportflygplan håller förvisso också på att elektrifieras (MSB, 2020c) och deras sensorer bör likväl också kunna vara utbytbara, på samma sätt som drönarna ovan. Huruvida det är möjligt att ställa om dagens brandflyg till eldrift ligger dock utanför denna studies avgränsningar.

En påvisad synergieffekt till följd av att nyttja satellitunderlag vid branddetektion är att det visat sig vara lättare att referera till respektive brand om det är många aktiva bränder samtidigt. Detta medför även att risken för att missta en brand för en annan följaktligen borde minska (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

En möjlig synergieffekt för väderprognosverksamheten i Sverige är att om en detekteringsmetod baserad på väderradar skulle börja användas skulle det kunna bli aktuellt att komplettera Sveriges nuvarande väderradarstationer med ytterligare några nya för att kunna täcka hela Sverige. Det framgår av Figur 2, se avsnitt 4.1. (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

Ett utvecklat samarbete med Kustbevakningen skulle troligen kunna leda till att de även i större utsträckning skulle kunna bistå vid en eventuell släckinsats. Möjligheten för räddningsledaren att följa med Kustbevakningens flygande enhet tillkommer. Det skulle dessutom kunna leda till ett smidigare samarbete mellan olika myndigheter (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

Generellt, givet ett vidare arbete med branddetektion i Sverige, är att medvetenheten hos allmänheten, samt hos exempelvis skogs- och markägare, angående vegetations- och skogsbränder borde öka (Intervju med Skogsstyrelsen, se Bilaga B. Intervjustudien).

Underlaget till en branddetekteringsmetod som baseras på satellitunderlag kommer även att kunna omfatta stora områden av grannländerna. Så är fallet för exempelvis Sydafrika (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien). Följden av detta är att en sådan detektionsmetod i Sverige i så fall även skulle kunna omfatta grannländerna.

I Sverige finns det redan idag flertalet installerade kameror runt om i landet, exempelvis av Trafikverket. Möjligen skulle dessa kameror även kunna nyttjas för branddetektion (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Underlaget som en utvecklad framtida detektionsmetod kan komma att baseras på har potentialen att medföra flertalet möjliga synergieffekter. De identifierade utgörs av:

- En detekteringsmetod som baseras på högupplöst bildmaterial skulle kunna erbjuda tjänster för att följa skogens tillväxt (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien), exempelvis genom att bedöma vegetationens fuktighetsgrad (Milz, 2013). Materialet skulle även kunna komma försäkringsbolag till nytta (Intervju med KTH, se Bilaga B. Intervjustudien).
- Om bildmaterialet som en detekteringsmetod genererar är tillräckligt högupplöst kan eventuellt Lantmäteriets verksamhet med nationella flygfotograferingar bli överflödigt, och dess uppdateringsfrekvens skulle troligen även förbättras (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

- Flygfotografering, eller annan mätning från luften, brukar vara förknippad med en betydande utgift. Om en framtida detekteringsmetods underlag skulle gå att nyttja av andra framtida projekt så vore det därmed väldigt ekonomiskt fördelaktigt. Detta skulle även kunna gynna den framtida detekteringsmetoden (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).
- Satellitunderlaget som en branddetekteringsmetod skulle kunna baseras på borde även kunna användas till annan fjärranalysverksamhet, som att utvärdera översvämningsrisker samt andra klimat- och naturrelaterade risker (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien). Men även eventuella oljeutsläpp och övriga marinfrågor borde kunna övervakas med hjälp av underlaget (Intervju med LTU, se Bilaga B. Intervjustudien).
- Om underlaget skulle komma att förbättra brandriskprognoserna kan skogsnäringen bli både effektivare och mer brandsäker. Detta genom att undvika stillastående maskiner ifall brandriskprognosen säger att det är för torrt, trots att det inom ett mindre område lokalt kan vara betydligt fuktigare. Men även för att inte riskera det omvända, alltså att skogsarbete genomförs i ett område som lokalt är påtagligt torrare i förhållande till aktuell brandriskprognos (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien).
- Om väldigt högupplösta värmekameror skulle nyttjas för en framtida detektionsmetod skulle viltspårning i skog och mark även kunna bli en möjlig synergieffekt (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien).
- En framtida utveckling av detektionsverksamheten i Sverige borde även öka möjligheterna till att detektera olovlig bränning eller om det eldas under perioder med eldningsförbud (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).
- Genom att utveckla en detekteringsmetod baserad på underlag som även kan användas för väderprognoser öppnas möjligheten att bättre kunna prognostisera hur det lokala vädret vid branden kommer att påverkas av den. Detta är av intresse eftersom branden i sig påverkar det lokala vädret som i sin tur kan påverka den pågående släckinsatsen (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).
- Om lidartekniken i framtiden utvecklas så pass mycket att den kan komma att utgöra en lämplig branddetektionsmetod, så skulle även det genererade lidarunderlaget kunna användas för att på förhand kartera det tillgängliga bränslet på marken (Intervju med Komatsu Forest, se Bilaga B. Intervjustudien).
- Givet en kamerabaserad detektionsmetod skulle möjliga synergieffekter vara likt dem som Sydafrika ser med sin kamerabaserade metod. Detta omfattar detektion av husbränder, möjligheten att även övervaka hamnverksamhet, potentialen att nyttja samma kameror för att detektera potentiella bränder i gruvor samt som vanliga övervakningskameror. En nackdel är dock att en tredje part kommer att ha tillgång till bildmaterialet (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien). Detta kan vara problematiskt med hänsyn till informationssäkerheten.

6.5 Implementering

Om en framtida drönarverksamhet planeras bör den med fördel utgå från de regioner som redan har en operativ drönarverksamhet att bygga vidare på. Parallellt med det arbetet bör även en nationell förstärkningspatrull/-enhet skapas och finnas tillgänglig vid exempelvis större samhällsstörningar. Dessutom bör en nationell kravspecifikation arbetas fram för att fastslå vilka krav som en drönare måste uppfylla för att kunna användas i övervakningssyfte för vegetations- och skogsbränder i Sverige. Eventuella synergieffekter som önskas inkluderas i drönarverksamheten behöver även beaktas i detta arbete (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

I intervjustudien föreslogs att Lantmäteriet skulle kunna vara en lämplig samordnare för en framtida drönarverksamhet. Detta eftersom de redan idag arbetar med flygfotografering (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien), men även för att det är Lantmäteriet som behöver granska bildmaterial taget från luften innan det får spridas mellan organisationer, vilket framgår av avsnitt 5.3. Dock skulle flygsäkerheten utgöra en stor del av denna verksamhet. Därför skulle det även kunna vara lämpligt att istället välja en myndighet med en redan existerande flygverksamhet, såsom exempelvis Kustbevakningen (MSB, 2020c).

Vid ett implementerande av SMHI:s testverksamhet med en detektionsmetod baserad på satellitunderlag kommer det att krävas ett förbättrat larmdelegeringssystem. Där borde även rapporter om att detektering inte har varit möjligt, till följd av exempelvis mulet väder, inkluderas. Detta arbete bör även omfatta utvecklingen av en portal där åtminstone berörda parter kan logga in och följa statusen nationellt samt få mer information. Denna portal kan med fördel utgöras av en applikation. Utöver detta behöver SMHI även ha en kontinuerlig resurs för att säkra driften (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

För en eventuell framtida detektionsmetod där enheter behöver kunna nyttja dagens kommunikationssystem RAKEL, så är bedömningen att kommunikationssystemet behöver förbättras. Den främsta bristen är täckningen, speciellt vid kommunikation under färd i höga hastigheter. Detta problem grundar sig i att sändarna inte alltid hinner koppla samtalet vidare till nästa basstation (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

Om en applikation skulle utvecklas för att sprida råd till allmänheten och/eller skogs- och markägare kommer troligen pedagogiken att behöva utvecklas. Detta för att man på ett lättillgängligt sätt ska kunna tillgodogöra sig analyserna och rekommendationerna. Målet borde vara att det ska vara lika lätt att läsa brandriskprognoserna och bedöma vilka åtgärder respektive skogs- och markägare bör beakta som att avgöra vilka kläder som behövs utifrån väderprognoserna. Liknande tjänster skulle även kunna finnas för andra risker, till exempel olika väderrisker. Arbetet med en sådan tjänst skulle kräva personal med kompetens inom bland annat utveckling och underhåll av applikationen samt om hur bränder påverkas av externa faktorer, exempelvis till följd av tillgängligt bränsle och väderförhållanden (Intervju med Skogsstyrelsen, se Bilaga B. Intervjustudien).

6.6 Kostnader och resurser

Om en drönarverksamhet skulle ersätta brandflygets bemannade flygplan kommer troligen en utökad samverkan mellan aktörer och en etablerad flygorganisation som ansvarar för underhåll och tillstånd att krävas. Underlaget som drönarna samlar in behöver även först granskas för att sedan distribueras vidare till relevant person/myndighet, vilket troligen behöver ske med hjälp av olika operatörer. En väl fungerande samordning längs hela kedjan från överflygning av drönare till utlarmning till aktuell räddningstjänst är av stor vikt. Till stora delar skulle informationsflödet dock initialt kunna se liknande ut som det idag gör för brandflygets bemannade flygplan (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Om Kustbevakningen skulle bli ytterligare involverade i att detektera vegetations- och skogsbränder bedöms deras kostnader främst bestå av nödvändiga resurser av personal för att bemanna och underhålla de flygande enheterna (Intervju med Kustbevakningen, se Bilaga B. Intervjustudien).

För SMHI:s testverksamhet med en branddetekteringsmetod baserad på satellitunderlag kommer troligen ett stort behov av kompetensutveckling, främst kopplat till analys av satellitunderlaget samt systemförvaltningen, att tillkomma (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien). Det pågår redan idag ett arbete inom SMHI med att bedöma just vilka resurser som krävs för att omvandla deras testverksamhet till en operativ branddetektionsmetod. Uppskattningsvis kommer kostnaden för att upprätthålla metoden att hamna i hundratusenkronorsklassen. Detta baserat på att resurserna redan finns inom SMHI och att kostnaden främst är kopplad till bemanningen och underhållet av detektionsmetoden (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien). Denna kostnadsuppskattning kan jämföras med erfarenheter från Finland, där det fortlöpande underhållet bedöms uppgå till cirka en månads arbete per år för respektive anläggning, kopplat till deras experimentella branddetektionsmetod med hjälp av satellitunderlag (Milz, 2013).

Generellt bedöms även en vidareutvecklad branddetektionsverksamhet i Sverige kunna medföra behov av personal inom GIS, it, och juridik beroende på vilken eller vilka detekteringsmetoder som verksamheten utgörs av. Dessutom kan ytterligare handläggare komma att behövas. Detta för att hantera inkomna önskemål om att få tillgång till samt kunna nyttja underlaget av externa aktörer. Detta beroende på vilket underlag som kan komma att genereras av detektionsverksamheten (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien). Arbetet med att tillhandahålla eventuellt material till externa aktörer skulle troligen vara avgiftsfinansierat (MSB, 2020c).

7. Uppslag för framtida analyser och studier

Under arbetet med denna studie har ett antal uppslag för vidare analyser, studier och eventuella tester identifierats. Dessa skulle med fördel kunna utgöra grunden till ett större akademiskt arbete för att möjliggöra att helheten fortfarande beaktas, att resultatet blir mer tillgängligt för vetenskapen och allmänheten samt att arbetet kommer att kvalitetssäkras av ytterligare en part.

För att i framtiden kunna ha en operativ branddetekteringsmetod baserad på väderradarunderlag, eller annat radarunderlag, krävs vidare studier. Dessa bör omfatta (dock ej avgränsas till):

- Hur väderförhållandena påverkar detektionsmöjligheterna.
- Vilka radiovågor som är bäst lämpade för branddetektion.
- Hur själva branden kan positioneras med hjälp av radarunderlaget.
- En jämförelse mellan att använda väderradarmätningar och andra radarmätningar för branddetektion.
- Vad i brandröken som interagerar med radarvågorna.

En metod och ett analyssystem för branddetektion baserat på väderradar-underlag behöver också arbetas fram. Det skulle med fördel kunna genomföras i samarbete med SMHI som redan har databehandlingssystem att tillgå, vilket kan utgöra en bra grund att bygga vidare på och anpassa för att detektera brandrök. SMHI har även arkiverat allt tidigare väderradarunderlag. Detta medför att underlag för tidigare inträffade bränder i Sverige kommer att finnas att tillgå vid en eventuell framtida studie. Det bättre radarunderlaget (dubbel-polariserad radar), efter en större uppdatering av radarenheterna, finns från cirka år 2015 (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

Detektering av vegetations- och skogsbränder med hjälp av satellitunderlag bedöms kunna förbättras genom ytterligare analyser om hur olika väderfenomen påverkar branddetektionsmöjligheterna (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien) och hur samtida meteorologiska observationer skulle kunna kombineras för att förbättra detektionsmöjligheterna. Även vidare arbete med att anpassa analysen till de svenska förhållandena skulle möjligen kunna förbättra detektionsmöjligheterna (Intervju med KTH, se Bilaga B. Intervjustudien).

För att skapa en metod för att kartera områden där det inte har varit möjligt att detektera vegetations- och skogbränder med hjälp av satellitunderlag behövs framtida studier. Denna kartering skulle då kunna användas för att indikera vilka områden andra detekteringsmetoder borde fokusera på (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

Framtida studier och analyser kommer troligen att krävas för att kunna kombinera fler indata till en och samma detekteringsmetod, se avsnitt 6.3.5 (Intervju med SMHI, LTU och Skogsstyrelsen, se Bilaga B. Intervjustudien). Detta är ett arbete som till viss del genomförs i Sydafrika (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien), vilket med fördel bör beaktas i de eventuella framtida studierna och analyserna.

Att utvärdera kostnadseffektiviteten av de detekteringsmetoder som väljs att nyttjas i framtiden kommer troligen alltid att vara intressant (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

En eventuell nationell drönarverksamhet för att ersätta brandflygets bemannade flygplan med drönare kommer att kräva vidare arbete. Främst för att beakta de juridiska utmaningarna, men även för att bedöma det bästa upplägget av en sådan verksamhet. Detta arbete kan med fördel även omfatta kontakt med utvecklingsföretag för att möjliggöra utveckling av speciellt anpassade drönare för branddetektionsuppdrag (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien) och möjligen även SLU som har ett eget labb för just drönarteknik (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien). Även hur upphandlingen av en sådan drönarverksamhet på bästa sätt ska genomföras, för att bland annat resultera i en så kostnadseffektiv verksamhet som möjligt, kommer troligen att kunna utgöra en frågeställning för en eventuell framtida studie (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien).

Informationsdistributionssystemet av larmen angående de detekterade potentiella vegetations- och skogsbränderna behöver också skapas. Detta arbete bör även omfatta en analys om hur informationssystemet bör se ut för att dels vara så användbart som möjligt, dels också tillräckligt informationssäkert. Motsvarande system finns utvecklade i både Finland (Intervju med LTU, se Bilaga B. Intervjustudien) och i Sydafrika (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien). De bör med fördel beaktas i ett eventuellt framtida arbete. En fördel med just Sydafrikas system bedöms vara att det även underlättar samordningen mellan de olika myndigheterna till följd av att alla har möjlighet att samtidigt få larm om en detekterad potentiell brand (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervjustudien).

En analys bör även genomföras för att säkerställa att en framtida nationell detektionsverksamhet fungerar inom hela Sverige och att eventuella geografiska skillnader som påverkar detektionsmöjligheterna beaktas (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Det råder idag även en ovisshet över hur små bränder som det praktiskt går att detektera med hjälp av satellitunderlag i en svensk skogsmiljö. De studier som finns har än så länge varit begränsade till att undersöka hur små bränderna teoretiskt kan vara för att möjliggöra detektion med hjälp av satellitunderlag (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien). Detta skulle kunna utgöra en frågeställning för en framtida studie.

Hur olika detektionsmetoder för vegetations- och skogsbränder ska jämföras på ett rättvist sätt kan möjligen utgöra en frågeställning för vidare studier. Detta arbete bör särskilt även beakta hur brandorsaken påverkar detekteringsförutsättningarna samt kvaliteten i de inrapporterade larmen (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

Brandflyget utgör en detekteringsmetod i Sverige som inte har utvecklats sedan metoden började användas och saknar fortfarande krav på teknisk utrustning för detektion av bränder (MSB, 2019b), se avsnitt 3.2 och 6.1. För att möjliggöra en utveckling av brandflyget som en detekteringsmetod för vegetations- och skogsbränder skulle med fördel en vidare studie kunna genomföras. Inom den

borde bland annat Kustbevakningens goda resultat till följd av deras kamera-baserade detektionsmetod monterad på deras flygande enheter beaktas, se avsnitt 6.2.

För att de tekniska detektionsmetoder som kan monteras på brandflyg ska kunna bli användbara, krävs att den tid det tar för att göra underlaget från flygplanet tillgängligt för analys kortas ner (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien). Ett alternativ skulle kunna vara att istället undersöka ifall analysen kan genomföras i planet och att enbart larm om detekterade potentiella bränder skickas vidare. Detta för att hålla nere mängden information som behöver göras tillgänglig från flygplanet. Även informationssäkerhetshanteringen skulle kunna bli lättare att hantera med denna lösning, jämfört med att istället kontinuerligt skicka komplett bildmaterial från planet.

I samband med att nya detekteringsmetoder eventuellt kommer att implementeras i Sverige så är det även viktigt att parallellt arbeta fram nationella riktlinjer. Detta helst i samverkan med någon eller några regioner. Arbetet bör vara inriktat på att göra system och metoder så nationellt enhetliga som möjligt. Detta för att exempelvis underlätta för personal att kunna bistå andra regioner i Sverige vid en eventuell insats. (Intervju med Länsstyrelsen i Värmlands län, se Bilaga B. Intervjustudien).

8. Diskussion

I detta kapitel förs en friare diskussion angående de aspekter som har uppmärksammats under arbetet med denna studie, men som inte faller inom dess direkta avgränsning. Bedömningen har likväl varit att det kan vara av intresse vid beaktande av studiens resultat.

8.1 Utvärdering av olika detekteringsmetoder

I nuläget testas detektionsmetoder vanligtvis i laboratorier och/eller vid fältförsök. Det är inte oväntat med tanke på riskerna och kostnaderna med storskaliga bränder utomhus. Nackdelen är dock att de fältförsök som ändå genomförs blir begränsade både i antal och variation. Vidare kan även säkerhetsåtgärder vid kontrollerade fältförsök medföra att branden blir svårare att upptäcka för den utvärderade detektionsmetoden. Dessutom är oftast fältförsöken baserade på naturvårdsbränder, vars syfte inte är att utvärdera en detektionsmetod. Detta riskerar att medföra brandförlopp och brandkarakteristik som inte är representativa för att motsvara en oplanerad vegetations- eller skogsbrand, vilket därmed riskerar att resultera i missvisande utvärderingsresultat för detektionsmetoden. Dock är fördelen att kunskap om brandförlopp och brandkarakteristik möjligen kan finnas tillgänglig innan branden uppstår, vilket kan vara givande i utvärderingssyfte (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

Vid utvärdering och jämförelse mellan olika detektionsmetoder bör följande faktorer ingå (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016):

- Kostnader för inskaffande, underhåll samt drift av systemet.
- Resurskrav för att hålla systemet aktivt.
- Krav på logistik.
- Systemets tillförlitlighet.
- Systemets robusthet.
- Systemets tillgänglighet.
- Övervakad areal per enhet.
- Systemets uppdateringsfrekvens.
- Vilka restriktioner i tid under dygnet systemet har.
- Vilka restriktioner angående väderfenomen systemet har.
- Vilket eller vilka dataformat som systemet kan leverera.
- Integrationsmöjligheter med andra system.

Dessutom bör även de synergieffekter som detektionsmetoden medför beaktas vid en jämförelse. Detta utöver metodens effektivitet av att enbart detektera potentiella bränder (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

Vid jämförelse mellan olika detektionsmetoders kvalitet är det speciellt detektionsmetodens andel av sanna positiva, sanna negativa, falska negativa samt falska positiva utfall/detektioner som bör utvärderas (Jakovčević, Stipaničev, & Krstinić,

2013). Vid jämförelse av olika detektionsmetoders förmåga att lokalisera en detekterad potentiell brand bör detta även jämföras med allmänhetens förmåga att bestämma platsen för en brand vid inrapporterandet. Exempelvis kan satelliter ofta lokalisera en brand bättre än allmänheten (Filizzola, o.a., 2016).

Ett annat problem med att utvärdera effektiviteten av en detektionsmetod är hur andelen felaktiga larm och korrekt avfärdade detekteringar ska utvärderas. Detta eftersom det är svårt att definiera vad som skulle utgöra en ”icke inträffad brand”. Vid utvärdering av olika detektionsmetoder är det även viktigt att beakta att effektiviteten hos olika detektionsmetoder kan variera över dygnet. Exempelvis är tekniker som bygger på mörkerseende enbart tillgängliga under nätter. Det finns även olika detektionsmetoder som baserar sig på optiska sensorer som genererar fler felaktiga larm till följd av reflekterat solljus, vilka rimligen borde generera färre felaktiga larm under nätter, i andra specifika områden eller under särskilda väderförhållanden (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

8.2 Allemansrätten och kostnader för branddetektering

Mänsklig aktivitet (avsiktlig brand, barns lek med eld, grillning eller lägereld och annan eldning) står för cirka 42 procent av alla skogsbränder som leder till en insats (MSB, 2020b). En tolkning av detta skulle kunna vara att om respektive skogsägare åläggs att bekosta branddetekteringen i sin egenägda skog skulle allemansrätten kunna komma att kritiseras. För alla län i Sverige upptäckte brandflyget under åren 2010–2019 i genomsnitt cirka 13,8 procent av vegetations- och skogsbränderna (i statistiken benämnd som insats i produktiv skogsmark) som resulterade i en insats (MSB, 2020c). Eftersom det inte finns någon annan operativ detekteringsmetod i Sverige, utöver brandflyget, talar detta för att allmänheten är inblandad i en övervägande andel av detektionerna av vegetations- och skogsbränder i Sverige. Detta indikerar att en öppen och tillgänglig skog och mark för allmänheten bör vara bra för detektion av vegetations- och skogsbränder.

Om det därmed är skäligt att staten ska stå för den totala finansieringen av vegetations- och skogsbrandsdetekteringsverksamheten är således en befogad fråga att lyfta och arbeta vidare med. Är det exempelvis rimligt att staten står ensam för hela verksamhetens kostnad? Det borde även vara rimligt att utreda möjligheterna för staten att ställa strängare krav på brandbevakning vid och efter arbeten samt vid annan aktivitet i skog och mark, givet att staten fortfarande skulle stå för den totala finansieringen. Detta skulle då kunna medföra att respektive skogsägare får möjlighet att bidra till en brandsäkrare skog, utan att de nödvändigtvis behöver bli delaktiga i eventuella nationella branddetektionsmetoder, vilket de inte bedöms ha resurser till (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien). Dock faller detta utanför avgränsningarna för denna studie.

8.3 Övriga aspekter från intervjustudien

I detta avsnitt diskuteras övriga aspekter som har framkommit ur intervjustudien och som anses vara av intresse i samband med vegetations- och skogsbränder, men som har bedömts falla utanför avgränsningarna för denna studie.

Uppgiften med att detektera vegetations- och skogsbränder har bedömts vara för liten för att bygga upp ett helt satellitsystem. Snarare borde detektionsmetoden vara en del av ett satellitsystem för fjärrövervakning, alternativt krisövervakningssamarbete. Det skulle med fördel även kunna inkludera andra aktörer som redan har tillgång till annat satellitunderlag, som exempelvis Försvarsmakten (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Vid en utveckling av branddetektionsverksamheten i Sverige är det även viktigt att beakta att teknikacceptansen i samhället går långsammare än själva teknikutvecklingen. Detta gäller särskilt acceptansen till att enbart tillförlita sig på satellitunderlag vid detektering av vegetations- och skogsbränder (Intervju med MSB, se Bilaga B. Intervjustudien).

Klimatförändringarna kommer att medföra att extremväder troligen kommer att bli både kraftigare och mer frekvent. Konsekvensen av detta skulle kunna bli att bland annat stormar kommer att inträffa allt oftare, vilket i sin tur ökar risken för att fler träd kan falla till följd av vinden. Med ett ökat antal nedblåsta träd ökar troligen även det tillgängliga bränslet i skogen som då i sin tur riskerar att förvärra konsekvenserna av en eventuell framtida brand (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien).

Det finns även operativa drönarsystem som redan idag kan användas för att sprida olika material över geografiskt avgränsade områden med hjälp av små kluster av drönare. Dessa drönarsystem är dock inte lämpade för detektion av bränder över stora områden, men skulle möjligen i framtiden kunna nyttjas för att identifiera och släcka, alternativt bekämpa, bränder inom ett förbestämt område. Systemet borde, enligt tillverkaren, med fördel kunna nyttjas för eftersläckningsarbeten. För att systemet ska vara effektivt kvävs dock att basstationen kommer mellan 0,5 och 1 kilometer intill en eventuell brand samt har tillgång till en vattenkälla (Intervju med Nordluft och EIT InnoEnergy, se Bilaga B. Intervjustudien). Ett sådant drönarsystem borde även kunna användas i preventivt syfte för att övervaka skogsarbeten. Detta för att i ett tidigt skede kunna identifiera och släcka eventuella bränder inom skogsarbetesområdet till följd av exempelvis maskinarbete.

Inom Skogsstyrelsen finns lokalt förankrad personal, spridd över hela landet. Dessa individer skulle kunna bidra med användbar lokal information om exempelvis skogen vid en eventuell insats (Intervju med Skogsstyrelsen, se Bilaga B. Intervjustudien).

Genom att räkna på den lokala bränsletillgången i skog och mark, och kombinera detta med dagens brandriskprognoser, borde prognoserna i framtiden kunna förbättras (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien). Även satellitunderlag borde kunna medföra en förbättrad framtida brandriskprognos (Intervju med SMHI, se Bilaga B. Intervjustudien).

Modeller för att simulera bränder utifrån aktuella lokala förhållanden skulle troligen vara användbart i pedagogiskt syfte för att illustrera vilka konsekvens-reducerande effekter olika brandriskreducerande åtgärder skulle kunna generera (Intervju med Skogsstyrelsen, se Bilaga B. Intervjustudien). Dessa modeller borde även kunna nyttjas till att bistå släckinsatser med prognoser över hur en pågående brand tros kunna bete sig.

Omfattande arbete genomförs idag för att förbättra brandriskprognoserna i Sydafrika. Dessutom har ett arbete påbörjats i Sydafrika, som dock för tillfället är pausat, för att möjliggöra simuleringar av konsekvenserna av en brand samt utvecklingen av en pågående brand (Intervju med CSIR, se Bilaga B. Intervju-studien). Eventuellt framtida arbete med att förbättra brandriskprognosen, samt att utveckla modeller för att simulera bränder i Sverige, bör med fördel därför även ta hänsyn till resultaten från Sydafrika.

En åtgärd som troligen skulle öka kvaliteten i larmen angående potentiella vegetations- och skogsbränder vore en riktad utbildning av SOS-operatörer i hur de bör ta emot dessa larm, vilket främst bedöms öka kvaliteten i larmen från allmänheten (Intervju med SLU, se Bilaga B. Intervjustudien). En sådan riktad utbildning skulle även kunna öka kvaliteten i övriga larm som inkommer till SOS Alarm.

Slutligen så finns en föreställning om att lövskog kan användas för att minska konsekvenserna till följd av en brand. Det är dock oklart om detta verkligen gäller för de svenska förhållandena samt om det i så fall skulle vara en kostnads-effektiv konsekvensreducerande åtgärd (Intervju med Skogforsk, se Bilaga B. Intervjustudien). Detta skulle därför kunna vara av intresse att undersöka vidare. Dock faller detta utanför avgränsningarna för denna studie.

9. Slutsatser

Globalt sett förekommer ett antal olika metoder för att detektera potentiella vegetations- och skogsbränder. Vissa metoder har använts operativt sedan en lång tid tillbaka, och andra metoder har först på senare tid börjat undersökas för att utgöra möjliga branddetektionsmetoder.

Hur Sveriges branddetektionsverksamhet av vegetations- och skogsbränder kan komma att utvecklas beror till stor del på MSB:s framtida beslut om inriktning när det gäller tidig detektion av vegetations- och skogsbränder. Oberoende av vilken inriktning som väljs i framtiden kan denna studie utgöra ett beslutsunderlag. För att underlätta för framtida arbeten angående tidig detektion av vegetations- och skogsbränder har även ytterligare behov av studier, analyser och eventuella tester identifierats inom denna studie samt beskrivits och redovisats i denna rapport.

Referenser

Allison, R. S., Jhonston, J. M., Craig, G., & Jennings, S. (2016). *Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and Monitoring.* sensors.

Dimitropoulos, K., Barmpoutis, P., & Grammalidis, N. (2015). *Spatio-Temporal Flame Modeling and Dynamic Texture Analysis for Automatic Video-Based Fire Detection.* IEEE.

Dimitropoulos, K., Gunay, O., Kose, K., Erden, F., Chaabene, F., Tsalakanidou, *F, . . . Cetin, E. (2012). Flame Detection for Video-Based Early Fire Warning for the Protection of Cultural Heritage.* Berlin: Springer.

Filizzola, C., Corrado, R., Marchese, F., Mazzeo, G., Paciello, R., Pergola, N., & Tramutoli, V. (2016). RST-FIRES, *an exportable algorithm for eatly-fire detection and monitoring: description, implementation, and field validation in the case of the MSG-SEVIRI sensor.* Potenza: Elsevier.

Försvarsmakten. (2020, September 09). *S 100 D - Försvarsmakten.* Retrieved from Försvarsmakten.se: https://www.forsvarsmakten.se/sv/information-och-fakta/materiel-och-teknik/luft/s-100-d/

Güllüce, Y., & Çelik, R. N. (2020). FireAnalyst: *An effective system for detecting fire geolocation and fire behavior in forests using mathematical modeling.* İstanbul: Turkish Journal of Agriculture and Forestry.

Hally, B., Wallace, L., Reinke, K., & Jones, S. (2016). *Assessment of the utility of the advanced Himawari imager to detect active fire over Australia.* Prague: The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.

Hansen, R. (2003). *Skogsbrandsläckning.* Räddningsverket.

Hua, L., & Shao, G. (2016). *The progress of operational forest fire monitoring with infrared remote sensing.* Berlin: Springer.

Huang, K., Zhong, J., Zhu, J., Zhang, X., Zhao, F., Xie, H., . . . Wu, M. (2009). *The method of forest fires recognition by using doppler weather radar.* Wenzhou City.

Jakovčević, T., Stipaničev, D., & Krstinić, D. (2013). *Visual spatial-context based wildfire smoke sensor.* Springer.

Ko, B., Park, J., & Nam, J.-Y. (2013). *Spatiotemporal bag-of-features for early wildfire smoke detection.* Dalseo-gu: Department of Computer Engineering, Keimyung University Sindang-dong.

KSAK. (2021). *Information efhållen av organisationen.* Kungliga Svenska aeroklubben (KSAK).

Milz, M. (2013). *Study on forest fire detection with satellite data.* Luleå: Luleå tekniska universitet.

MSB. (2013). *Preliminära resultat av initial optimeringsstudie av den svenska skogsbrandsdetektionen.* Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

MSB. (2019a, Augusti 29). *KRISINFORMATION.SE.* Retrieved from VMA via SMS - så funkar det - Krisinformation.se: https://www.krisinformation.se/artiklar/vma-via-sms---sa-funkar-det

MSB. (2019b). *Skogsbrendbevakning med flyg - Myndigheten för samhällsskydd och beredskap inriktning från 2020.* Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

MSB. (2020a). *Förfrågan om stöd.* Karlskrona: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

MSB. (2020b, Oktober 15). *IDA - Bränder i skog eller mark.* Retrieved from meb.se: https://ida.msb.se/ida2#page=6b0c7517-b216-4120-a6be-1f49b87841f3

MSB. (2020c). *Information erhållen av myndigheten.* Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB).

MSB. (2021, Januari 22). *säkerhetspolitik.se.* Retrieved from Statens räddningsverk (SRV): https://www.sakerhetspolitik.se/Ordlista/S/Statens-raddningsverk-SRV/

Narasimha Rao, G., Jagadeeswara Rao, P., Duvvuru, R., Bendalam, S., & Gemechu, R. (2016). *An enhanced real-time forest fire assessment algorithm based on video by using texture analysis.* Visakhapatnam: Elsevier.

NASA. (2021, Januari 14). *NASA EARTHDATA Open access for open science.* Retrieved from FIRMS FAQ | Earthdata: https://earthdata.nasa.gov/faq/firms-faq

National Ocean Service. (2020, September 09). *What is lidar?* Retrieved from Ocean facts: https://oceanservice.noaa.gov/facts/lidar.html

Pundir, A., & Raman, B. (2017). *Deep Belief Network For Smoke Detection.* Roorkee: Springer.

Rizanov, S., Stoynova, A., & Todorov, D. (2019). *Systems For Early Warning And Monitoring Of Wildfires.* Sozopol: International Scientific Conference Electronics.

Rogers, R. R., & Brown, O. J. (1996). *Radar Observations of a Major Industrial Fire.* Montreal: Bulletin of the American Meteorological Society.

Räddningsverket. (2007). *Skogsbrandbevakning med flyg: 2002, reviderad 2007.* Räddningsverket. Outgivet internt PM.

SAAB. (2020, Augusti 06). *Saab 2000 Erieye AEW&C | Saab.* Retrieved from Saab 2000 Erieye AEW&C: https://www.saab.com/products/saab-2000-erieye-aewc

Saraiva, E., Soares, R. V., Batista, A. C., Tertuliano, H., & Gomes, A. (2014). *Weather Radar: An Efficient Tool For Forest Fire Detection.* ResearchGate.

SCB. (2019). *Markanvändningen i Sverige.* Örebro: SCB.

SCB. (2020, September 09). *PxWeb - tabell.* Retrieved from Scb.se: https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__MI__MI0802/Areal2012N/table/tableViewLayout1/

Sjögren, A. (2013). *Utvärdering av övervakningssystem för att upptäcka skogsbränder En kostnadsnyttoanalys för Sveriges län.* Karlstad: Karlstad Business School.

SMHI. (2020). *Figur erhållen av* SMHI.

SOS Alarm. (2019, November 26). *SOS Alarm*. Retrieved from Lättare att hitta nödställda som ringer 112 - SOS ALARM: https://www.sosalarm.se/pressrum/pressmeddelanden/2019/lattare-att-hitta-nodstallda-som-ringer-112/

Tang, L., & Shao, G. (2015). *Drone remote sensing for forestry research and practices.* Springer.

Transportstyrelsen. (2020). *Beslut TSL 2020-7260 inklusive bilagor.* Norrköping: Transportstyrelsen.

Utkin, A. B., Fernandes, A., Simões, F., Lavrov, A., & Vilar, R. (2003). *Feasibility of forest-fire smoke detection using lidar.* Lisbon: Inernational Journal of Wildland fire.

Zrnic, D., Zhang, P., Valery, M., & Mirkovic, D. (2020). *Of Fire and Smoke Plumes, Polarimetric Radar Characteristics.* MDPI.

Bilaga A. Litteraturstudien

I denna bilaga redovisas den genomförda litteraturstudien i detalj.

Första sökningen

Den 8 juli 2020 genomfördes sökningen i databasen LUBsearch med sökorden: *wildfires, detection, airborne* och *method*. Sökningen resulterade i 20 träffar. 19 av dessa sorterades bort efter genomläsning av respektive abstract. Den kvarvarande rapporten ansågs relevant för studien även efter genomläsning av dess slutsats och inkluderades i projektet. Den inkluderade rapporten från sökningen var:

- Airborne Optical and Thermal Remote Sensing for Wildfire Detection and Monitoring (Allison, Jhonston, Craig, & Jennings, 2016).

Andra sökningen

Den 8 juli 2020 genomfördes sökningen i databasen LUBsearch med sökorden: wildfire, prevention, methods, early och detection. Sökningen resulterade i 14 träffar. 10 av dessa sorterades bort efter genomläsning av respektive abstract. De kvarvarande rapporterna ansågs relevanta för studien även efter genomläsning av respektive rapports slutsats och inkluderades i projektet. De inkluderade rapporterna från sökningen var:

- Spatiotemporal bag-of-features for early wildfire smoke detection (Ko, Park, & Nam, 2013)
- Visual spatial-context based wildfire smoke sensor (Jakovčević, Stipaničev, & Krstinić, 2013)
- Assessment of the utility of the advanced Himawari imager to detect active fire over Australia (Hally, Wallace, Reinke, & Jones, 2016)
- Deep Belief Network For Smoke Detection (Pundir & Raman, 2017)

Tredje sökningen

Den 9 juli 2020 genomfördes sökningen i databasen LUBsearch med sökorden: wildfire, early, warning, system och methods. Sökningen resulterade i 27 träffar. 16 av dessa sorterades bort efter genomläsning av respektive abstract och ytterligare 1 efter att även ha läst dess slutsats. Resterande rapporter ansågs relevanta för studien och inkluderades i projektet. De inkluderade rapporterna från sökningen var:

- Systems For Early Warning And Monitoring Of Wildfires (Rizanov, Stoynova, & Todorov, 2019)
- Spatiotemporal bag-of-features for early wildfire smoke detection (Ko, Park, & Nam, 2013)

- RST-FIRES, an exportable algorithm for eatly-fire detection and monitoring: description, implementation, and field validation in the case of the MSG-SEVIRI sensor (Filizzola, o.a., 2016)
- An enhanced real-time forest fire assessment algorithm based on video by using texture analysis (Narasimha Rao, Jagadeeswara Rao, Duvvuru, Bendalam, & Gemechu, 2016)
- FireAnalyst: An effective system for detecting fire geolocation and fire behavior in forests using mathematical modeling (Güllüce & Çelik, 2020)
- Spatio-Temporal Flame Modeling and Dynamic Texture Analysis for Automatic Video-Based Fire Detection (Dimitropoulos, Barmpoutis, & Grammalidis, 2015)
- The progress of operational forest fire monitoring with infrared remote sensing (Hua & Shao, 2016)
- Flame Detection for Video-Based Early Fire Warning for the Protection of Cultural Heritage (Dimitropoulos, o.a., 2012)
- Deep Belief Network For Smoke Detection (Pundir & Raman, 2017)
- Visual spatial-context based wildfire smoke sensor (Jakovčević, Stipaničev, & Krstinić, 2013)

Bilaga B. Intervjustudien

I denna bilaga kommer den genomförda intervjustudien att redovisas i detalj, där respektive genomförd intervju redovisas i ett eget underavsnitt. På grund av coronapandemin i Sverige 2020 behövde samtliga intervjuer genomföras på distans. Förutom en intervju som genomfördes över telefon så har alla intervjuer utgjorts av videomöten. När och hur respektive intervju har genomförts framgår av dokumentationen i denna bilaga. Respektive intervju har dokumenterats på det språk som den genomfördes på.

Intervju med Kari Hyll från Skogforsk 2020-09-16

Intervjun genomfördes online via Teams den 16 september 2020 klockan 10:00–12:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Industridoktorerat angående värmekameradetektering inom pappersindustri. Gjorde postdoc i London inom mätning av Fire Radiative Power med värmekamera och satellit. Specialiserad inom infraröd teknik men även kommit i kontakt med rökgasspektroskopi. På Skogforsk jobbar Kari med mätteknik och brett med frågor kopplade till skogsbränder. Det pågår en digitaliseringsprocess inom Skogforsk, där även Kari medverkar.

Jobbar Skogforsk med frågor angående detektion av vegetations- och skogsbränder?

Inte explicit, utan Skogforsk jobbar mer med frågor kopplade till förebyggande av skogsbränder och påverkan på skog och mark till följd av en brand. Skogforsk jobbar med att ta fram riktlinjer, till skogsägare och entreprenörer som är verksamma i skog och mark, där frågor såsom skogsbrand och brandrisker även beaktas. Målet med riktlinjerna är bland annat att minimera konsekvenserna och sannolikheten av bränder. Exempelvis jobbar Skogforsk för tillfället med ett projekt som undersöker möjligheterna till att bygga om skogsmaskiner så att de kan hjälpa till vid bekämpning av skogsbränder på olika vis. Dock finns inget pågående explicit angående detektering av bränder.

Främsta anledningen till att inget projekt pågår är att Skogforsk, och skogsägarna, ser andra aktörer som mer lämpliga till att ansvara och samordna detektionen av bränder och därmed även driva dessa projekt. Men även för att skogsbruket fokuserar främst på frågeställningar kopplade till deras arbete. Brandorsaker som exempelvis blixtnedslag är inte något som respektive skogsägare kan påverka. Skogforsk har och kan dock hjälpa till med att testa detektionssystem och detektionstekniker i en representativ miljö. Skogforsk jobbar kontinuerligt med teknikspaning, även inom området detektion, men då främst för att hålla skogsägare och entreprenörer informerade om utvecklingen och tipsa om kommande tekniker, system och kunskap.

Vad är Skogforsks syn på dagens detektionssystem (allmänhet och brandflyg)?

Detta utgör inte en fråga som diskuteras direkt inom Skogforsk, utan det som är av intresse är mer kopplat till efterbevakning. Efterbevakning innebär bevakning efter och under skogsarbeten. Där en eller flera brandvakter ska bevaka och/eller besikta relevanta områden vid arbete i skog och mark. Även vissa stora skogsbolag har samarbetat med brandprevention genom att exempelvis ha en gemensam vattenbärande helikopter på standby under extra torra perioder. Dock har inte denna helikopter använts för branddetektion. Men eftersom det finns riktlinjer för hur efterbevakning ska bedrivas bör det även finnas incitament till att satsa resurser och/eller ekonomiska medel för att få till stånd och driva ett detektionssystem, givet att detta system skulle kunna medföra mindre krav på efterbevakning.

Önskan från skogsägare och entreprenörer vore att få en förbättrad brandriskprognos i form av en bättre upplösning (alltså brandriskprognoser för mindre områden än vad som genomförs idag). Detta för att undvika stillastående maskiner ifall brandriskprognosen säger att det är för torrt trots att det inom ett mindre område lokalt kan vara betydligt fuktigare. Men även för att inte riskera det omvända, alltså att skogsarbete genomförs i ett område som lokalt är påtagligt torrare i förhållande till aktuell brandriskprognos.

Skogforsk har dock varit i kontakt med ett detektionssystem som baserades på ett nätverk av sensorer som skulle vara tänkt att detektera rök. En nackdel som Skogforsk identifierade var dock kostnaden för att hämta hem alla sensorerna igen (om inte sensorerna möjligen skulle vara biologiskt nedbrytbara på något vis). Det är heller inte säkert att sensorerna kan vara alltför nära skogsmaskiner, eftersom deras värme- och avgasprofil inte är representativ för närmiljön.

Drönarteknik av olika slag är också intressant. Men Skogforsk ser dock problematik med att det måste vara en pilot som kör drönaren på avstånd. Det vill säga, Skogforsk ser inte att det är möjligt att köra autonoma drönare i praktiken idag. Vilket de anser i princip är nödvändigt för att kunna tillämpa drönarteknik inom skogsbruket. En anledning till detta är att det oftast är tillfällig personal som arbetar i skogen, och att de då även skulle behöva vara utbildade piloter för drönare anses svårt att få till. Potentialen med drönartekniken är dock att drönaren skulle kunna matas med gps-data från maskinerna som skulle kunna ligga till underlag för var en autonom drönare ska flyga och bevaka. De flesta skogsmaskiner (skördare och skotare), men inte alla, har redan idag gps-utrustning som skulle kunna förmedla detta gps-underlag. Dock anser Skogforsk att detta borde alla maskiner, markberedare och liknande redan ha idag.

En annan tillämpning av denna gps-data skulle redan idag kunna vara att utgöra underlag för ett satellit-baserat detektionssystem. Där skulle gps-underlaget kunna avskärma ett område av extra intresse, och satellitkänsligheten skulle lokalt för området där maskinerna har kört kunna ökas och möjligheten till att detektera bränder bättre från satelliten inom det aktuella området skulle därmed uppnås. Det skulle till viss del även kunna vara möjligt att få informationen innan avverkningen påbörjas. Dock kan detta anses vara känslig information i vissa avseenden, då skogsägare inte vill riskera att få avverkningen stoppad av tredje part som fysiskt skulle kunna riskera att stoppa avverkningen. Nackdelen är

dock att satelliter är begränsade även av uppdateringsfrekvensen samt av externa väderförhållanden.

Kanada planerar för att skicka upp en dedikerad satellit för branddetektering. Denna satellit (The WildFireSat Mission) skulle i så fall färdas i omloppsbana kring polen och därmed kunna även vara användbar för oss i Sverige/Norden. Dock hur och i vilken omfattning är inget som går att utläsa med säkerhet idag, och problematiken med att detektera under vissa väderförhållanden kommer likväl kvarstå.

En fråga som har varit uppe för diskussion är frågan angående brand som startar till följd av tågtrafik. Eftersom det är känt både var och när tågen går på olika sträckor borde detta kunna ingå som underlag för att förbättra detekteringen. Eventuellt skulle det kunna vara användbart som underlag till ett satellitbaserat system, och/eller påverka var och när brandflyget flyger.

KTH ska ha kollat på möjligheterna att använda radardetektering från satellit och kommit fram till att detta inte är möjligt för mindre bränder till följd av för dålig upplösning.

Det som Skogforsk kan se är att frågan om detektering är och kommer vara olika i olika delar av landet.

Hur ser Skogforsk på framtiden med avseende på vegetations- och skogsbränder?

Skogforsk bedömer att brandrisken troligen kommer att öka i framtiden och bli en mer aktualiserad fråga i samhället. Detta gör att det blir en fråga som även Skogforsk kommer att arbeta mer med i framtiden, men att de främst snarare kommer att fortsätta jobba med preventionsfrågor än detektionsfrågor.

En intressant aspekt av brandrisk i förhållande till försäkring är att de stora skogsägarbolagen inte försäkrar sin skog för brand till följd av att de försäkringarna bedöms vara för dyra. Istället sprider dessa ägare sitt ägandeskap geografiskt, alltså de äger skog på många olika platser spridda ifrån varandra. Dock gäller inte detta många av de mindre skogsägarna som då istället har sin skog försäkrad. Detta medför att försäkringsbolag likväl skulle kunna ha ett incitament till att arbeta med branddetektion.

Ser du/Skogforsk någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

Skogforsk ser det främst som att det är viktigt att vara trovärdig inom frågorna, och därmed krävs det att vara en aktiv part i framtida studier, analyser och eventuella tester. Diskussioner angående att använda lövskog för att minska konsekvenserna vid en brand är en vanlig diskussion. Dock är det oklart ifall detta är gällande för Sveriges klimat. Exempelvis: är verkligen torra björkar bättre än en kompakt granskog i avseende om att begränsa konsekvenserna av en brand samt är den ökade kostnaden av lövskogen i så fall verkligen motiverad eller skulle de ekonomiska medlen kunna användas bättre?

För Skogforsk är det även av intresse att avgöra när kostnaderna för prevention inte längre är lönsamma och istället skulle kunna användas bättre inom tidig detektion.

Om du/Skogforsk fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle ni helst vilja prioritera?

Hur den geografiska platsen påverkar brandrisken (både sannolikhets- och konsekvensperspektiv). Även studier kopplade till drönarteknik och dess kostnad/nytta. Att få fram en förbättrad marktäckningskarta över Sverige är av stort intresse.

Nyttjar Skogforsk satellitunderlag på något sätt?

Ja, men inte för branddetektering. Används i projekt för trädslagskartering (procent av olika trädslag i skogarna), samt för att undersöka röjningsbehov. Skogforsk har inga planer på att använda satellitunderlag för branddetektering eftersom de främst inte ser det som deras uppgift och att de anser att andra har bättre förutsättningar och kunskap angående detta.

Om ett detektionssystem skulle arbetats fram, skulle ni på Skogforsk kunna förse detta system med GIS-information angående var vegetation och skog finns för att på så sätt exkludera områden från detta framtida detektionssystem?

Det som Skogforsk har att kunna delge som underlag är kartering av Sveriges skogsvägar. Detta bedöms inte vara någon kontroversiell uppgift och bedöms tämligen enkelt kunna delges till ett framtida detektionssystem för att bistå vid en eventuell framtida släckinsats. Detta underlag hålls även uppdaterat av Skogforsk. Vidare har Skogsstyrelsen en skogsgrunddatabas och Naturvårdsverket har en nationell marktäckedatabas. Huruvida dessa databaser är möjliga att nyttja i ett detektionssystem är dock oklart.

Värt att notera är att Sveriges skogsbilvägar även finns dokumenterade i Trafikverkets Nationella Vägdatabas. Där finns dock inte nödvändigtvis kompletta uppgifter angående bommar, vattentagningsplatser och mötesplatser. Detta är förvisso inte heller något som Skogforsk har kompletta uppgifter om idag, men det anses inte omöjligt att samla in kompletterande uppgifter angående detta. Dock har sannolikt inte skogsägarföreningarna själva helt kompletta uppgifter angående detta, vilket medför att det troligen alltid kommer vara en viss grad av avsaknad av uppgifter i det underlaget.

Ser du/Skogforsk att det finns några förbättrings-möjligheter/förbättringsåtgärder möjliga att vidta redan idag i Sverige?

Önskar insatser riktade till att korta ner tiden mellan att brand uppstår till dess att insats kan påbörjas. Möjligheten till att upptäcka mindre bränder vore önskvärt.

Som du ser det: skulle Skogforsk vara intresserade av att vara delaktiga i ett detektionssystem för bränder?

Ser inte det som en omöjlighet, men att det i så fall skulle vara en mindre roll. Exempelvis att bistå med underlag. Så länge det handlar om okontroversiellt underlag vill gärna Skogforsk även bistå med underlag. Bedömningen är att om det idag finns centrala datasystem så är det förhållandevis lätt att delge underlag. I annat fall blir det jämförelsevis mycket svårare. Men om det exempelvis inte skulle finnas centrala datasystem så skulle ett initialt system med exempelvis de tio största företagen vara en bra start.

Vilka synergieffekter ser du/Skogforsk skulle kunna åstadkommas genom att utveckla det befintliga detektionsverksamheten i Sverige, alternativt implementera ytterligare detektionssystem?

Främst inom efterbevakningen. Men en rolig tanke, men som skulle kräva påtagligt bättre upplösning, vore att kunna följa vilt med värmekamera som egentligen används för att detektera bränder (eller tvärtom). Även om detta inte är aktuellt landstäckande, så skulle det i framtiden kanske kunna bli aktuellt lokalt. Autonoma drönare med värmekamera kanske skulle kunna erbjuda tillräcklig upplösning, eller det kanske kan vara aktuellt att övervaka nyplanteringar med värmekamera som då kan användas som branddetektering som synergieffekt.

Ingen använder värmekamera för viltdetektering idag, men om det skulle börja användas i framtiden så skulle en tanke kunna vara att dela in skogen i områden och bevaka gränser med värmekamera för att se hur vilt rör sig och där med även kunna detektera bränder vid gränserna.

Hur ser du/Skogforsk på skogsnäringens roll inom detekteringsverksamheten i Sverige?

Skogforsk vill framhålla att nationella system behövs angående detektion av bränder. De anser att det inte är rimligt att ålägga respektive skogsägare bevakningsuppgiften fullt ut. Exempelvis satellitbevakning kräver nationell samordning och kanske även samordning med övriga EU.

Sedan angående brandflyget ser Skogforsk en frustation bland skogsägarna över ovissheten om dess kontinuitet. Troligen förlitar sig inte skogsägare på brandflyget fullt ut i och med detta.

Stabiliteten och tilliten till att systemet hålls operativt är av stor vikt. Detta kan antagligen åstadkommas med statens hjälp snarare än med privata aktörer. Vem som har ansvaret för detektering av bränder är inte helt entydigt. Ett tydligare samarbete mellan olika myndigheter och system anses saknas idag. Detta gör att det saknas en aktör som tar på sig det nationella ansvaret, vilket skulle kunna bero på att det, som sagt, inte är helt tydligt vem som har ansvaret.

Skogsstyrelsen skulle kunna vara en möjlig aktör, utöver MSB, som skulle kunna hålla i den nationella samordningen. Skogsstyrelsen använder redan satellitunderlag (dock inte termiskt underlag) i dess arbete för att bland annat bedöma bränd areal, däremot inte för branddetektering.

På vilket sätt skulle skogsnäringen kunna bidra till att detektera bränder?

Det är för tillfället oklart hur och i så fall i vilken omfattning skogsnäringen skulle kunna bidra till att detektera bränder. Frågan bedömdes dock som intressant och skulle lyftas vidare inom Skogforsk.

En viktig aspekt att beakta vid bedömningen av respektive skogsägares ansvar för detektering av bränder är att en skogsägare kan vara allt från en enskild ägare av en skog om mindre än en hektar till nationellt omfattande skogsägare med jättestora skogsmarker. En risk som branschen ser är att respektive skogsägare skulle komma att åläggas att ansvara för detektering av alla bränder, exempelvis även blixtnedslag, vilket det inte anses finnas resurser till. Därför är bedömningen att sådan detektering måste ske på en högre nivå i samhället.

Vad skulle krävas för att implementera ett sådant system så att även skogsnäringen blir delaktiga i detektionsverksamheten i Sverige?

I och med svaret på frågan angående *på vilket sätt skulle skogsnäringen kunna bidra* till att detektera bränder så går det inte att besvara denna fråga i nuläget.

Vilka resurser skulle krävas för att upprätthålla ett sådant system så att även skogsnäringen blir delaktig i detektionsverksamheten i Sverige?

I och med svaret på frågan angående *på vilket sätt skulle skogsnäringen kunna bidra till att detektera bränder* så går det inte att besvara denna fråga i nuläget.

Intervju med Stefan Haggö från MSB 2020-09-17

Intervjun genomfördes över Skype den 17 september 2020 klockan 10:00–11:30. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Jobbar som handläggare på MSB med teknikstöd för räddningstjänst. Har tidigare varit befäl på räddningstjänst samt lärare på MSB.

Har tidigare erfarenhet av brandflyget som medpassagerare under 90-talet.

Vad är din erfarenhet av användandet av drönarteknik inom insatsarbeten?

Det pågår arbete inom MSB med att uppdatera vägledningen angående drönarverksamhet i kommunal räddningstjänst (version 1.0 finns publicerad och version 2.0 är under arbete). (Länk: https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/raddningstjanst-och-raddningsinsatser/metod-och-teknikutveckling-for-raddningstjansten/uas/).

Bland räddningstjänsterna i Sverige är det cirka 25 procent som har eller som planerar att starta en drönarverksamhet (baserat på information från år 2018). Uppskattningsvis har cirka 10 procent av räddningstjänsterna en operativ drönarverksamhet idag. Variationen i omfattningen bland de olika drönarverksamheter är dock stor, där vissa räddningstjänster har en mindre drönare i släckbilen medan andra räddningstjänster har egna drönarenheter. Att en räddningstjänst har en drönarverksamhet möjliggör att från luften sända bildmaterial direkt till ledningscentralen som då direkt får tillgång till underlag från olycksplatsen som inte någon annan har tolkat på vägen. Med det menas att det inte är en person på plats som tolkar situationen och meddelar ledningscentralen över radio hur situationen är på platsen, utan ledningscentralen kan själv se och skapa sig en egen uppfattning om situationen på olycksplatsen. Det har framkommit att för vissa insatser så har denna tillgång på drönarunderlag ansetts vara avgörande för att insatsen blev lyckad. Dock är det oklart om någon av dessa insatser har omfattat någon vegetations- och/eller skogsbrand.

Skogsstyrelsen använder dagligen drönare för inmätning. Detta kanske skulle kunna utgöra en start för en detektionsverksamhet med drönare som en synergieffekt vid annat arbete.

Skulle det vara möjligt att ersätta brandflyget helt eller delvis av drönare?

Problematiskt att flyga utom synhåll med drönare idag vilket gör att räckvidden är begränsad. Tekniskt sett skulle de gå att ersätta brandflyget, men då måste problematiken med att få drönare att samverka i luften vara löst. Detta gäller ifall drönaren ska vara verksam i det fria luftrummet. Om drönaren ska vara verksam i det kontrollerade luftrummet är den att betrakta som ett vanligt flygplan. Med det menas att godkännande krävs från flygledning för att få lyfta, flyga och landa.

Det är möjligt att inom det fria luftrummet införa så kallade restriktionsområden. Detta är dock främst av intresse vid insats då det inte skulle kunna gälla generellt för landsomfattande områden. Restriktionsområden används vid stora olyckor och ofta då främst för att förhindra att obehöriga flyger in över olycksplatsen.

En spaning in i framtiden tyder på ett ökat intresse för att genomföra drönartransporter inom det fria luftrummet. En möjlig synergieffekt skulle då kunna vara att alla drönare som ändå flyger i det fria luftrummet även skulle kunna spana efter bränder och rapportera in potentiella bränder. Det skulle även kunna vara möjligt att alla drönare utrustas med en prioriteringslista, där exempelvis en drönare som används för transport av en vara skulle kunna avbryta sin leverans vid detektering av en brand och bistå räddningstjänst under insats innan drönaren slutför leveransen.

En fördel med brandflyget som har lyfts fram inom litteraturen är att brandflyget kan bistå räddningstjänsten med exempelvis att guida till branden, identifiera närmsta vattentillgångar samt ge information under själva släckinsatsen. Är detta något som du ser att en drönare skulle klara av som hade exempelvis skickats upp av räddningstjänsten lokalt?

Ser detta som en lätt uppgift för en drönare att lösa. Det som är det svåra i nuläget är att täcka stora ytor. En annan skillnad med att skicka upp en drönare istället för att ha ett brandflyg i luften är att det inte sitter någon i planet som kan tolka situationen uppifrån, utan tolkningen av situationen sker från marken utifrån vad drönaren uppfattar med exempelvis en kamera. Själva guidningen till branden kan också bli svårare eftersom drönaren inte finns uppe i luften från början (jämfört med brandflyget). Dock kan det också bli som så att eftersom räddningstjänsten själva kör drönaren (istället för en utomstående pilot i brandflyget) så kan räddningstjänsten genom lokalkännedom möjligen lättare skapa en mental bild över den bästa angreppsvägen.

Hur stora områden skulle en drönare kunna patrullera?

Idag är det till följd av juridiska problem i praktiken begränsat till inom synhåll av piloten till drönaren.

En eldriven drönare uppskattas kunna flyga i cirka 90 km/h med en flygtid på 1 timme. Det skulle kunna utgöra en uppskattning på vilket område en drönare kan täcka ifall det juridiska går att lösa. Om andra drivmedel än el används går det att avsevärt öka flygtiden, och samma täckning som med brandflygen skulle vara möjligt.

Ett annat alternativ till att använda färre stora drönare till stora områden är att snarare använda svärmar av små drönare som istället täcker många mindre områden. Detekteringen skulle då kunna bli effektivare eftersom fler överflygningar kan genomföras per dag. En synergieffekt med fler mindre drönare är att det blir möjligt att nyttja eldrivna drönare som då medför att utsläpp av växthusgaser minskar i jämförelse med ifall drönaren använder fossila bränslen.

Ytterligare en synergieffekt skulle kunna vara att bilder från drönare även skulle kunna användas för att inventera skogen och exempelvis identifiera angrepp av skadeinsekter, kartering av skog eller liknande.

Vilka begränsningar har en drönare som används i övervakningssyfte?

Vilket drivmedel som drönaren använder kan medföra begränsningar i flygtid. El har kortare flygtid jämfört med fossila bränslen. Generellt är civila drönare beroende av bra väderförhållanden, men exempelvis har både Polisen och Försvarsmakten drönare som kan flyga i sämre väderförhållanden. Vanliga flygplan är också beroende av bra väderförhållanden, och en drönare skulle i princip kunna ha samma motståndskraft för dåliga väderförhållanden som ett vanligt flygplan. Dessutom när brandrisk föreligger är det generellt bra väderförhållanden ändå. Att väderförhållandena därmed skulle bli en begränsning för detektion med hjälp av drönare anses därmed som liten.

Hur ser möjligheterna ut för att flyga drönare i övervakningssyfte med avseende på tillstånd och samspelet med andra flygande enheter?

Luftrummet mellan 0 till 120 meter från marken utgör det så kallade fria luftrummet, och däröver samt kring exempelvis flygplatser och skyddsobjekt kan det vara reglerat på något sätt. Inom det fria luftrummet är det helt fritt att flyga så länge drönaren är inom synhåll av piloten. Vid flygning inom kontrollerat luftrum måste däremot tillstånd erhållas från flygledningen och piloten måste ange när och var drönaren eller planet ska flyga. Det är därmed inte förbjudet för drönare att flyga inom kontrollerat luftrum, men samma regler för flygningen som gäller för vanliga flygplan gäller även för drönaren. Att drönare flyger inom kontrollerat luftrum med tillstånd från flygledningen är inget ovanligt idag. Om drönaren ska flyga utom synhåll av piloten krävs även ett särskilt tillstånd från transportstyrelsen.

Måste drönarna ha en pilot närvarande när de flyger eller skulle de kunna flyga helt autonomt?

Från år 2021 kommer ett nytt regelverk gälla för civila drönare (EASA). Fram till dess gäller det gamla regelverket. I detta nya regelverk kommer det bland annat att krävas en förklaring till flygverksamheten vid ansökan om att flyga utom synhåll och autonomt. Dessutom kommer en riskanalys att krävas som beaktar bland annat vad som händer med drönaren ifall det skulle uppstå ett motorhaveri under flygningen (åtgärder såsom att utrusta drönaren med en nöd-fallskärm skulle då kunna bli aktuellt). Detta för att få tillstånd för att flyga en drönare utan remote av en fjärrpilot (det vill säga autonomt). Blir förklaringen och riskanalysen godkänd så skulle det vara möjligt att flyga själva drönaren autonomt, men det skulle behöva finnas en flygorganisation bakom som ansvarar för drönaren och verksamheten. Samtliga system måste även vara CE- och C-märkta och registrerade hos en operatör. Varje drönare måste vidare ha ett unikt ID-nummer som informerar om vem som ansvarar för flygningen av drönaren. Detta är av stor vikt för säkerheten i luftrummet.

I stort sett är det samma säkerhetsregler som gäller för piloter som sitter i flygplanet som gäller för fjärrpiloter (det vill säga piloter som styr en drönare från marken).

Vilka resurser skulle krävas för att möjliggöra att drönare skulle kunna användas i övervakningssyfte?

En utökad samverkan mellan aktörer samt en etablerad flygorganisation som ansvarar för underhåll och tillstånd. Underlaget som drönarna samlar in behöver först granskas och sedan distribueras vidare till relevant person/myndighet, vilket troligen behöver ske med hjälp av en operatör. En väl fungerande samordning hela vägen från överflygning av drönare till utlarmning till aktuell räddningstjänst är av stor vikt. Till stora delar skulle informationsflödet initialt kunna se liknande ut som idag för brandflyget.

Drönare har möjligheten att vara utrustade med en laserpositionerare med vilken drönaren kan peka mot en potentiell brand som har upptäckts med en annan sensor och redan på avstånd ungefärligt larma och positionera den potentiella branden. Med detta möjliggörs kortare insatstider eftersom larm kan förmedlas till aktuell räddningstjänst redan innan drönaren har nått fram till den potentiella branden. Sedan ju närmre drönaren kommer en eventuell brand, desto mer exakt blir positioneringen av den eventuella upptäckta branden.

Det finns redan framarbetade system som är helt autonoma, där drönare kan landa, ladda/tanka och lyfta helt autonomt. Detta möjliggör i princip kontinuerlig flygbevakning eftersom flera drönare kan flyga i skift.

Drönare har möjligheten att både lyfta och landa helt vertikalt (gäller även vissa drönare med fasta vingar), vilket medför att drönare nödvändigtvis inte behöver en landningsbana. Vid kontinuerliga övervakningsuppdrag där drönaren kan vara stilla i luften (exempelvis vid en pågående brand) finns det även drönare som har möjlighet att flyga kopplade med sladd till elkraft. Detta möjliggör att drönaren kan hovra så länge det är nödvändigt utan att behöva gå ner för att ladda.

En drönare kan ha utbytbara sensorer, vilket i så fall medför att sensorerna monterade på drönaren kan anpassas utifrån behovet. Detta medför en möjlig synergieffekt i form av att samtliga drönare som skulle kunna komma att användas för att detektera bränder även skulle kunna nyttjas för andra uppdrag samtidigt. Men även när det inte är brandsäsong skulle drönarna kunna användas i helt andra syften och om vissa sensorer då inte är nödvändiga skulle de kunna monteras av och/eller på utefter det aktuella behovet.

Hur skulle en implementering av drönarteknik kunna se ut i Sverige?

Troligen är detta en verksamhet som bäst bör ligga på regionnivå med stöd från MSB. En nationell förstärkningspatrull/förstärkningsenhet bör dock finnas tillgänglig att tillgå vid större samhällsstörningar eller liknande uppdrag. Ett bra första steg skulle kunna vara att identifiera vilka som redan har en pilotverksamhet inom respektive region och bygga vidare på denna. Innan detta arbete påbörjas bör en nationell kravspecifikation analyseras fram för att fastslå vilka krav som drönaren måste uppfylla för att kunna användas i övervakningssyfte för bränder i Sverige. Eventuella synergieffekter som önskas inkluderas i drönarverksamheten som möjligen påverkar kravspecifikationen bör även inkluderas i detta arbete.

En möjlig synergieffekt kan vara att förse intressenter med bildmaterial/mätningar över skog och mark. Dock, så som lagen är skriven idag, är all avbildning från luften en säkerhetshandling till dess att lantmäteriet har granskat bildmaterialet. Denna granskning behöver ha genomförts för att det ska vara tillåtet att sprida materialet till en annan organisation. Detta ställer krav på hur och vilka som kan se eller granska bildmaterial från en drönare. Denna synergieffekt kan därför vara beroende av en lättnad i lagen, eftersom bildmaterialet skulle kunna påverka rikets säkerhet. Detta exempelvis genom att en övning av Försvarsmakten, skyddsobjekt, eller liknande skulle kunna komma att inkluderas i bildmaterialet. Värt att notera är att enligt skyddslagen kan detta vara exempel på bilder som är olagliga redan vid avbildningstillfället. Även mänskors integritet är en fråga som borde beaktas. Beroende på upplösning och typ av kamera kan kamerabevakningslagen även bli aktuell, vilket då kräver tillstånd för att få använda kamera.

Alla dessa lagar gäller även för brandflyget om det skulle utrustas med motsvarande kameror. Problemet uppstår när bildmaterialet ska delas mellan olika organisationer. Detta eftersom det då räknas som spridning av bildmaterial. Om exempelvis drönaren och ledningscentralen utgörs av olika organisationer får inte bildmaterialet förmedlas till ledningscentralen utan att det har granskats av Lantmäteriet. Detta skulle dock kunna vara möjligt att lösa genom att ledningscentralen, drönarverksamheten, och övrig nödvändig verksamhet skulle kunna ingå i samma organisation. Dessutom behöver infrastrukturen med att skicka bildmaterialet vara tillräckligt informationssäkert.

Det är viktigt att både Säkerhetspolisen samt Försvarsmakten tillsammans med Lantmäteriet får vara delaktiga i ett eventuellt vidare arbete med att arbeta fram en drönarverksamhet för detektering av bränder i Sverige.

Ser du någon annan förbättringspotential/förbättringsåtgärder angående hur detekteringen går till idag i Sverige?

Se över möjligheten att samköra bildmaterial från flera olika bildkällor, exempelvis att använda sig av satellitmaterial, drönare och alla fasta kameror runt om i Sverige (Trafikverket har exempelvis väldigt många fast installerade kameror i Sverige). Även möjligheterna till att använda redan installerade sensorer i samhället till att detektera bränder skulle kunna vara intressant att undersöka. Till exempel finns det luftkvalitetsmätare som möjligen skulle kunna detektera avvikelser som kanske skulle kunna användas för att identifiera en potentiell brand i närheten.

Vilka övriga synergieffekter ser du skulle kunna uppstå genom att använda drönarteknik inom detekteringen, alternativt som hjälpmedel vid en släckinsats, i Sverige?

Utöver tidigare nämnda synergier i tidigare svar så skulle möjligen hyperspektrala sensorer (mäter inte enbart synligt ljus) kunna medföra att utöver möjligheten att detektera bränder även kunna mäta parametrar bland växligheten med mycket hög upplösning. Detta tillsammans med meteorologiska värden skulle kunna användas till att påtagligt öka upplösningen av brandriskprognoserna. Detta är en teknik som redan används inom lantbruket idag för att exempelvis bedöma gödslingsbehov inom olika delar av en och samma åker. SLU borde kunna vara intressanta att ta kontakt med angående denna fråga.

Ser du någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete, och/eller tester?

I samband med vidare studier angående detektion av bränder med hjälp av drönare bör en mer djupgående omvärldsbevakning genomföras, vilket även bör inkludera kontakter med utvecklingsföretag av drönare. Detta för att fastslå vilket arbete som redan har genomförts runt om i världen.

Utöver tidigare nämnda behov av vidare analyser kommer ett autonomt drönarsystem även behöva omfattande testflygning (finns testflygningsområden i Sverige), och flygorganisationen bakom drönarsystemet behöver skapas. Detta är något som med fördel borde utföras i samverkan med utvecklare av drönare. Då skulle utvecklingsföretagen kunna utveckla speciellt anpassade drönare för detektionsuppdrag.

En ytterligare viktig fråga att tidigt lyfta är kostnadseffektiviteten och hur nyttan av ett detektionssystem med drönare förhåller sig till andra möjliga tillvägagångssätt att detektera bränder.

Om du fick prioritera framtida studier, arbete, och/eller tester (angående detektion av bränder), vad skulle du helst vilja prioritera?

Det som framgår i svaret till föregående fråga.

Övrigt

Det vore möjligt att i framtiden utveckla (om det inte redan finns) ett drönarsystem som är uppbyggt med flera markstationer utspridda med jämna mellanrum över ett stort område (även möjligen nationellt heltäckande). Mellan dessa markstationer skulle autonoma drönare kunna flyga och söka efter potentiella bränder. Om en potentiell brand detekteras kan drönaren avvika från planerad rutt och om drönaren får lågt med bränsle tillkalla en annan drönare som byter av. Respektive drönare har då möjlighet att flyga till en markstation och på egen hand landa, ladda/tanka och sedan lyfta för att fortsätta övervakningen. Drönare har inga problem med att flyga under nätter och behöver inga pauser mer än för laddning/tankning. Detta medför att ett detektionssystem uppbyggt med autonoma drönare som flyger i skift skulle kunna vara operativt dygnet runt med en kontinuerlig övervakning när en hög brandrisk föreligger.

Intervju med Susanne Ingvander från MSB 2020-09-18

Intervjun genomfördes över Skype den 18 september 2020 klockan 10:00–12:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Utbildad inom fjärranalys och GIS och arbetat mycket med klimatrelaterade frågor. Disputerat på Stockholms universitet inom markvalidering av snö och is. Arbetat på MSB sedan 2016 inom gruppen fjärranalys och GIS. Uppskattningsvis är 50 procent av arbetet kopplat till klimatanpassning. En stor del av arbetet är även kopplat till skogsbränder och utgörs av att hjälpa till med att ta fram översiktsbilder över områden som har drabbats av stora bränder.

MSB utgör den nationella kontaktpunkten för Copernicus kriskarteringstjänst (Copernicus EMS). Copernicus är en portal som även möjliggör tillgång till satellitdata. Värt att notera är att detta system redan har program för detektion av bränder. Dock är programmen angående branddetektering under utveckling.

Vad är din bedömning av möjligheterna till att använda satellitunderlag för detektering av bränder?

Beror främst på storleken av branden. Tillräckligt stora bränder detekteras effektivt både med hjälp av temperaturavvikelser eller genom optisk analys. Dock är möjligheterna för att detektera mindre bränder begränsad. Satelliter kan skilja på moln och rök, men kan inte detektera bränder med hjälp av optisk analys om det är molnigt.

Tester med att använda radar från satellit för att detektera bränder utreds av KTH. Dock oklart ifall det är möjligt. Förslag till att ta kontakt med Yifang Ban för vidare information angående KTH-projektet.

Skulle det vara möjligt att ersätta brandflyget helt eller delvis av satellitunderlag?

Begränsade möjligheter med dagens tillgängliga öppna satellitunderlag. En framtida lösning skulle kunna vara mikrosatelliter, alternativt köpa in sig på ett bättre system med noggrannare och mer frekventa mätningar. En nackdel med satelliter är att de måste passera en nedladdningsstation innan satellitunderlaget

blir tillgängligt, vilket ökar tiden mellan detektering och larmning av en potentiell brand. Uppdateringsfrekvensen skulle dock kunna lösas till stor del ifall ett större antal mikrosatelliter skulle börja användas istället för färre stora satelliter. En annan fördel med mikrosatelliter är att byggtid och kostnad per satellit blir kortare och mindre.

Det pågår mycket forskning men än så länge ser inte resultaten tillräckligt lovande ut för att kunna ersätta brandflyg med satellitdetektering. I framtiden vore det dock inte omöjligt, men det skulle krävas stora förbättringar. Främst måste systemet mellan satellitöverflygningen och distributionen av larm till aktuell räddningstjänst vara snabb och väldigt tydlig (i princip binär). En räddningstjänst måste väldigt snabbt få tydliga besked om var brand potentiellt finns med en låg felfrekvens för att ett system möjligen skulle kunna komma att ersätta brandflyget.

SMHI har haft ett projekt igång under 2020 för att se över möjligheterna att detektera bränder från satellit. Projektets syfte var främst att validera ifall det verkligen var bränder som detekterades eller inte. SMHI meddelade MSB vid detektion av bränder via satelliten, varpå MSB utredde ifall det var en brand som detekterades eller inte. Resultatet ser lovande ut, bränder detekterades i varierande storlek, där de minsta var i storleksordningen av en kontrollerad bränning på en gård eller en bostadsbrand. Dock har en del oförklarliga detektioner, troligen felaktiga larm, gjorts i Norrland, vilka troligen skulle kunna bero på reflektioner i vattendrag eller liknande. Bara ett fåtal av bränderna har upptäckts innan larm har inkommit om branden från annat håll, och då oklart hur mycket tidigare larmet inkom.

Vilka resurser skulle det krävas för att erhålla ett operativt detektionssystem som baseras på satellitunderlag?

Detektionssystemet skulle behöva skräddarsys och beakta helheten hela vägen från satellit till respektive räddningstjänst. Stort behov av kompetensutveckling skulle troligen föreligga, främst kopplat till analys av satellitunderlaget samt systemförvaltningen. Även vem som ska bära ansvaret för systemet samt driften av systemet behöver klargöras.

Hur skulle en implementering av ett satellitbaserat detektionssystem i Sverige kunna se ut?

Innan en eventuell implementering skulle kunna ske behöver ansvarsfrågan för detektionssystemet redas ut. Räddningstjänsten har troligen begränsade kunskaper angående branddetektion med hjälp av satellit och skulle behöva ett system som i princip bara larmar om platsen för den detekterade potentiella branden med en låg felfrekvens, men som ändå inte missar bränder.

Är den tillgängliga uppdateringsfrekvensen av satellitunderlaget tillräcklig för att utgöra en tillförlitlig detektionskälla?

Det tillgängliga öppna satellitunderlaget bedöms inte som tillräckligt. Den främsta bristen anses dock snarare vara osäkerheten i tillgängligt satellitunderlag. Exempelvis ifall det är mulet en längre tid kommer detta område i princip vara oövervakat under tiden. Att säkerställa satellitunderlag bedöms utgöra en viktigare utmaning jämfört med att enbart förbättra uppdateringsfrekvensen.

Begränsningarna i storlek på bränder som kan detekteras med hjälp av satelliter medför att bränder behöver ha pågått en viss tid innan de kan detekteras med satellit. Är de rimligt att anta att dessa bränder kan upptäckas på annat sätt innan satelliten kan detektera dem?

Enbart utifrån dagens öppna satellitunderlag bedöms det som att det enbart är ett mindre antal bränder som kommer att upptäckas med satellit innan de upptäcks på annat sätt, och då främst väldigt avlägsna bränder. I länder med ännu större områden med öde skog kan antalet dock vara något högre i jämförelse med Sverige.

I framtiden bedöms det dock inte som omöjligt att satelliter skulle kunna utvecklas och medföra att de blir mer konkurrenskraftiga i att detektera bränder först. Men det kommer att kosta, och det kommer troligen inte gå med enbart det öppna satellitunderlaget. Det som ett satellitdetektionssystem behöver är ett valideringssystem som avgör ifall potentiella detekterade bränder verkligen är bränder eller inte.

Finland har ett experimentellt detektionssystem med hjälp av satelliter som bedöms skulle kunna bli lovande på sikt. Dock saknas utvärdering av systemets prestanda och systemets status som experimentellt gör det svårt för andra länder att förlita sig på systemet. Vidare har även NASA öppen data från satelliter tillgänglig, men för att det ska gå att använda denna datakälla behöver den anpassas till de svenska förhållandena.

Vilka förbättringsåtgärder ser du är möjliga idag i Sverige kopplat detekteringsverksamheten?

Användande av drönare i detektionssyfte. En drönare kan i princip utrustas med samma sensorer som en satellit. Dock är det många juridiska frågor som måste lösas angående drönarflygningen. Beroende på upplösningen och typ av sensorer som används med drönaren kan även själva övervakningen medföra att ytterligare juridiska frågor måste lösas.

Vilka synergieffekter skulle ett användande av satellit-underlag som detekteringsmetod kunna medföra som du ser det?

Ett detektionssystem med hjälp av satelliter skulle troligen kunna medföra synergier för övrig fjärranalysverksamhet. Exempelvis borde översvämningar eller andra klimat- och/eller naturrelaterade risker kunna övervakas med hjälp av samma satelliter och sensorer som skulle kunna komma att användas i ett eventuellt detektionssystem för bränder med hjälp av satelliter.

För att få ett fungerande satellitdetekteringssystem av bränder är dock bedömningen att ett valideringssystem också behöver arbetas fram, vilket snabbt och med hög tillförlitlighet avgör ifall de potentiella detekterade bränderna av satelliten verkligen är bränder eller inte.

Inom litteraturen föreslås en kombination av indata från satelliter, radarstationer och brandriskprognoser. Vad är din bedömning av ett detektionssystem som baseras på dessa indata?

Susanne är osäker på hur radarn skulle fungera i branddetekteringssyfte, men ser inte heller något hinder som medför att vidare analys inte borde genomföras.

Ser du någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

Det viktigaste är att säkra tillgången på indata från satelliterna samt att det är tillförlitliga indata. Det är även viktigt att säkerställa att detektionssystemet fungerar inom hela Sverige och att eventuella geografiska skillnader som påverkar detektionen beaktas.

Det finns även tre studier under arbete, en från KTH där detektionsmöjligheterna av bränder med hjälp av radar från satelliter undersöks (projektet har nämnts tidigare i intervjun). Vidare undersöks i ett annat projekt hur satellitkluster skulle kunna bli verklighet, dock är denna studie inriktad på själva satellitteknologin och inte på detektion av bränder. Sist är ett projekt vars syfte är att undersöka möjligheterna till att använda AI för att identifiera bränder.

Om du fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle du helst vilja prioritera?

Som tidigare nämnt är det främst vidare arbete med att säkerställa säker tillgång på tillförlitliga indata från satelliterna som bedöms vara av störst vikt.

Övrigt

Viktigt att se uppgiften med ett nationellt detektionssystem med hjälp av satelliter som en helhet som inte enbart MSB på egen hand kan lösa. Samverkan behövs mellan myndigheter som kan dra nytta av övervakningen/detekteringen med satelliterna, och troligen borde även andra länder samverka kring ett gemensamt satellitsystem.

Uppgiften att enbart detektera bränder anses som för liten för att bygga upp ett helt satellitsystem, och det borde mer troligen snarare vara ett satellitsystem för fjärrövervakning alternativt krisövervakningssammarbete.

Möjligen finns det redan bättre sensorer att tillgå, men som inte är fritt öppna. Exempelvis kanske Försvarsmakten har tillgång till mer upplöst satellitunderlag jämfört med det fria satellitunderlaget som finns tillgängligt idag.

Det borde vara möjligt att få till synergieffekter med Försvarsmakten. Dock är det inte möjligt för en myndighet att tilldela en annan myndighet arbetsuppgifter i Sverige idag. Men ett alternativ borde kunna vara att analysen av bildmaterial genomförs inom Försvarsmaktens organisation med de sensorer som de har tillgång till och att enbart larm med underlag som är okej att sprida mellan myndigheter skickas vidare utanför Försvarsmaktens organisation. Dock kräver detta samverkan mellan myndigheter samt att (för detta exempel) Försvarsmakten vill delta och dessutom är villig att ta på sig denna arbetsuppgift.

Avslutningsvis är det även viktigt att beakta att teknikacceptansen i samhället går långsammare än själva teknikutvecklingen. Bedömningen är att samhället generellt har svårt att enbart förlita sig på satellitunderlag.

Intervju med Henrik Persson från SLU 2020-09-29

Intervjun genomfördes över Teams den 29 september 2020 klockan 13:00–15:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Egentligen ingen, har begränsad erfarenhet av projekt som undersökt områden där det har brunnit. Har jobbat i projekt med att mäta tillgängligt bränsle i skog. Jobbar för tillfället bland annat med en person från Chile som har mycket erfarenhet av arbete med vegetations- och skogsbränder.

Jobbar du/SLU med frågor angående detektion av vegetations- och skogsbränder på något sätt?

Nej, jag själv gör inte det i nuläget. Det finns personer inom SLU som har projekt kopplade till bränder, men jag är osäker på om det gäller detektion av pågående bränder. Till följd av den senaste tidens stora skogsbränder kan den här typen av frågor nog öka. SLU genomför kontrollerade bränder så det finns möjligheter, och intresset för området finns redan inom SLU.

Vad är din/SLU:s syn på dagens detektionssystem (allmänhet och brandflyg)?

Jobbar inte med frågan så kan inte riktigt ha en åsikt. Har dock kännedom om att geostationära satelliter har problem med låg upplösning, medan satelliter i omloppsbana har problem med låg uppdateringsfrekvens. Magkänslan är dock att det nog är satelliter som kommer behöva vara lösningen för att ett detektionssystem ska ha tillräcklig täckningsgrad av hela Sverige för att kunna utgöra ett nationellt detektionssystem.

Hur ser du/SLU på framtiden med avseende på vegetations- och skogsbränder?

Angående ett nationellt detektionssystem så är det nog satelliter som kommer behöva vara lösningen för att kunna övervaka tillräckligt stora områden. Detektion av vegetations- och skogsbränder är en fråga som troligen kommer att öka med tiden i och med bland annat klimatförändringarna.

Klimatförändringarna medför även att extremväder troligen kommer att bli både extremare och mer frekvent. Detta kan medföra att exempelvis starkare vindar och stormar kan komma att inträffa oftare i framtiden, vilket i sin tur riskerar att öka risken för att fler träd kan komma att ramla omkull till följd av vinden. Med ett ökat antal nedblåsta träd ökar troligen även det tillgängliga bränslet i skogen som då i sin tur riskerar att förvärra konsekvenserna av en eventuell brand.

Ser du/SLU någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

Det som troligen ligger närmast till hands är att börja räkna på bränsletillgången och arbeta fram riskkartor. Detta är ett arbete som skulle kunna påbörjas omgående och är inte speciellt mycket nytt arbete. Riskkartor arbetas fram redan idag, men då inte för brand, utan för exempelvis risken för vindpåverkan, insektsangrepp, och liknande.

Om du/SLU fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder), vad skulle ni helst vilja prioritera?

Har inte tillräckligt med kunskap inom det specifika området för att kunna besvara denna fråga.

Under tidigare intervjuer har just hyperspektrala sensorer nämnts som möjliga sensorer för att detektera bränder och att dessa sensorer används med hjälp av drönare inom lantbrukarverksamheten runt om i Sverige idag. Detta skulle därför kunna generera goda synergieffekter. Stämmer detta, och vad är er syn på möjligheterna att använda just denna lösning för att detektera bränder i Sverige?

Nej, bedömningen är att en drönare skulle ha en för begränsad flygtid för att detta skulle kunna utgöra en detektionsmetod. Vidare är bedömningen att en hyperspektral sensor i princip har samma möjligheter till att detektera en brand som en vanlig kamera och vara lika begränsad till ljus- och siktförhållanden. Skillnaden mellan en vanlig kamera och en hyperspektral sensor är att det är möjligt att välja vilket spektrum/våglängder som ska detekteras med en hyperspektral sensor, till skillnad från en vanlig kamera.

Enligt uppgift ska ni ha forskat kring radar, och radar har enligt vissa studier visat sig vara en möjlig detektionsteknik för att detektera bland annat skogsbränder. Vad är din bedömning av möjligheterna till att detektera vegetations- och skogsbränder med radar?

Den typen av radarsatelliter vi använder i vår forskning är ganska okänslig för moln, så jag vet inte hur annorlunda det skulle vara för bränder. Jag är för osäker hur en väderradar (som detekterar moln) fungerar för att ge ett definitivt svar.

Vilka skillnader skulle det vara mellan att eventuellt detektera bränder från radarstationer på marken jämfört med i luften (exempelvis ombord ett flygplan)?

Jag gissar att med övervakning från satellit kan ett mycket större område övervakas, i jämförelse med om övervakningen sker från en markstation. Dock medför övervakning från luften att moln kan utgöra ett större problem.

Nyttjar SLU några andra möjliga detektionssensorer (exempelvis satellit, lidar och/eller radar) på något sätt?

Alla dessa tekniker nyttjas flitigt inom SLU, men även värmekamera är en teknik som används.

Skulle någon eller några av dessa sensorer kunna användas för att detektera bränder, och i så fall vilka begränsningar skulle de kunna ha?

Absolut, men uppdateringsfrekvensen torde vara avgörande för ett branddetektionssystem. Ofta medför en högre uppdateringsfrekvens en lägre upplösning och tvärtom.

Nyttjar SLU drönarteknik på något sätt?

SLU har ett eget labb för drönarteknik, och drönare används ofta inom olika projekt för att generera referensdata.

Angående brandflyget så borde det inte vara några tekniska problem med att byta ut brandflyget mot drönare om flygtiden kan förlängas tillräckligt mycket, kanske genom bättre batterier eller alternativa bränslen. Utöver flygtiden krävs dock att frågan om flygsäkerhet samt en del juridiska frågor blir lösta. Bortsett från dessa frågor borde det i princip vara möjligt att byta ut brandflyget mot drönare redan idag.

Vilka synergieffekter ser du/SLU skulle kunna åstadkommas genom att utveckla den befintliga detektionsverksamheten i Sverige, alternativt implementera ytterligare detektionssystem?

Lantmäterier genomför nationella flygfotograferingar cirka vartannat år. Om ett detektionssystem som genererar högupplösta bilder skulle implementeras (exempelvis med drönare) skulle Lantmäteriets flygfotograferingsverksamhet i princip bli överflödig, och möjligtvis skulle istället kontinuerligt flygfotograferingsunderlag finnas tillgängligt.

Ett kontinuerligt flygfotounderlag skulle troligen även vara ett eftertraktat underlag som många skulle vara intresserade av att ta del av. Vanligtvis utgör flygfotografering eller annan mätning från luften en betydande utgift. Om detta underlag skulle finnas tillgängligt borde många projekt vara mycket behjälpta av det. Men även andra organisationer och företag skulle troligen ha stor nytta av flygfotounderlaget. Exempelvis torde skogssektorn kunna använda underlaget vid olika former av skogskartering, mätningar, inventeringar och/eller annan skogsövervakning. Olika nya företag skulle troligen också kunna växa fram och använda underlaget för olika tjänster som de skulle kunna erbjuda. Även hela miljöövervakningen borde kunna baseras, eller till stor del vara behjälpt, med detta underlag.

Vad skulle krävas för att implementera ett sådant system i Sverige?

Det skulle krävas en nationell samordnare, vilket kanske skulle kunna ligga under lantmäteriet eftersom de redan idag jobbar med flygfotografering. Dock medför ansvaret för en eventuell drönarverksamhet en stor uppgift. Det kommer vara stora mängder data som produceras och behöver hanteras samt underhåll av själva drönarflottan som också kommer att kräva omfattande resurser och arbetstid. Utöver detta kommer även handläggning och andra administrativa uppgifter kopplat till detektionsverksamheten kräva mycket arbetstid. Detta talar för att det skulle kunna vara motiverat att införa en dedikerad enhet eller organisation som har helhetsansvaret för en eventuell detektionsverksamhet med drönare.

Vilka resurser skulle krävas för att upprätthålla ett sådant system i Sverige?

Tekniker och operatörer som underhåller och arbetar med systemen samt detektionshårdvaran kommer krävas. Specifikt kommer GIS-kompetens troligen krävas, samt mycket it-personal eftersom ett kontinuerligt detektionssystem kommer producera stora mängder data kontinuerligt. Även juridiska kompetenser kommer troligen krävas, eftersom det är många lagrum som skulle bli aktuella och tillstånd som behöver sökas för att få ett drönardetekteringssystem operationellt i Sverige.

Troligen kommer även många intresseorganisationer att vara intresserade av materialet som ett drönardetekteringssystem kommer producera. Exempelvis kommer troligen skogsnäringen vara intresserade eftersom de troligen kommer kunna utföra en del kartering och mätningar baserat på bildmaterialet. Även vatten och marina frågor skulle troligen vara behjälpta av underlaget, och t.ex. samer skulle troligen kunna övervaka renar baserat på bildmaterialet. Eftersom det är många som skulle kunna dra nytta av underlaget är det även en viktig fråga som troligen kommer att kräva en del resurser för att bemöta förfrågningar angående att få tillgång till underlaget.

Ser du/SLU att det finns några förbättringsmöjligheter/förbättringsåtgärder möjliga att vidta redan idag i Sverige?

Kanske kan det vara möjligt att installera kameror på nationellt konventionellt flyg, och även radar på flyg skulle medföra en bra täckning. Finns även en del satelliter redan idag som skulle kunna utgöra en grund för ett detektionssystem. Dock kommer ett satellitbaserat detektionssystem troligen att kräva en del utvecklingsarbete också.

Ser du/SLU att ni har en roll inom detekteringsverksamheten i Sverige?

Det skulle vara en del begränsad till forskning. SLU skulle exempelvis kunna hjälpa till med att bedöma bästa våglängder för att detektera brand och liknande frågeställningar. Men inte med den dagliga operativa driften.

Som du ser det: skulle SLU vara intresserad av att vara delaktiga i ett detektionssystem för bränder?

Absolut, men att det kommer vara en resursfråga och en finansiell fråga.

Övrigt

Vill poängtera att det är viktigt att inte underskatta alla människor (allmänheten) som ändå är ute i skog och mark som kan rapportera in potentiella bränder. Ett alternativ för att bättre involvera allmänheten med att rapportera in misstänkta bränder i skog och mark, skulle kunna vara att utveckla en applikation genom vilken allmänheten kan rapportera in misstänkta bränder och även få tillgång till annan aktuell information som kan vara av intresse. En applikation skulle även kunna meddela en ungefärlig position av den misstänkta branden genom att läsa av var mobilen är någonstans vid inrapporterandet, men även genom att låta personen som rapporterar in den misstänkta branden ange ungefär var personen uppskattar att branden är lokaliserad. Även AI skulle med tiden kunna implementeras och hantera de inrapporterade misstänkta bränderna av allmänheten.

Intervju med Yifang Ban från KTH 2020-09-29

Intervjun genomfördes över Zoom den 30 september 2020 klockan 15:00–17:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Ursprungligen arbetat med urbaniseringsövervakning och dess påverkan på vegetation och grön infrastruktur, men har arbetat med detektering av förändringar i över 20 år. Från år 2017 jobbat med övervakning av vegetations- och skogsbränder, och specialiserad på att övervaka vegetations- och skogsbränder i nära realtid med hjälp av satellit-SAR, optiska data och djupinlärning.

Hur ser du på framtiden med avseende på vegetations- och skogsbränder?

Riskerna förknippade med vegetations- och skogsbränder kommer att öka, och det går att se en ökande trend runt om i världen. Klimatförändringarna bidrar till utvecklingen och medför att bränderna blir både större och fler samt att brandsäsongen blir längre med bränder både tidigare och senare på året.

I tidigare intervjuer har ert projekt som syftar till att undersöka möjligheterna att detektera bränder med hjälp av radarmätningar från satellit omnämnts. Vad kan du berätta om detta projekt och dess resultat?

Radar kan generera underlag både dag och natt samt även om det är moln och rök, vilket har en potential för nära realtids löpeldövervakning. Den senaste forskningen på KTH har visat att det är möjligt att upptäcka bränder den första dagen, eller dagarna, när det finns en SAR-bild tillgänglig. Detekteringen av mindre bränder kan dock ha mer störningar än för större bränder. Nyligen har sammansmältning av radar och optiska data börjat användas för brandövervakning, och detektionsresultaten har då mindre störningar än enbart radardetektering.

Satellitradardata är dock inte det bästa sättet att upptäcka aktiva bränder vid 20 meters upplösning av Sentinel-1 SAR. Det som detekteras med radar från satellit är det brända området. Detta medför att det inte är en möjlig teknik för tidig detektion av aktiva bränder, men en effektiv metod för att övervaka utvecklingen av en pågående brand (såsom brandperimeter, spridningshastighet och spridningsriktning).

Vad är din bedömning av möjligheterna att använda satellitunderlag (och då specifikt radarmätningar från satellit) för detektering av bränder?

Som framgår av svaret på föregående fråga är radarövervakning från nuvarande satelliter inte en lämplig teknik för tidig detektion av aktiva bränder. Dock är fördelen med att använda just radarövervakning från satelliter att radarsignalerna kan gå igenom moln, vilket IR-övervakning från satelliter har problem med att göra. Därför kan SAR fortfarande bidra med viktigt underlag till ett branddetektionssystem.

Med de lanseringarna och kommande lanseringarna av flera satellitkonstellationer i X-, C- och L-bandet (såsom COSMO-SkyMed, Radarsat Constellation Mission, IceEye, Capella Space, och NISAR, etcetera) kommer högupplösta SAR-data i flera frekvenser att vara tillgängligt dagligen. Tidig upptäckt av bränder och även eventuellt nära realtidsövervakning kan komma att bli möjligt.

Skulle det vara möjligt att ersätta brandflyget helt eller delvis av satellitunderlag (och då specifikt med avseende på radarmätningar från satellit)?

Ja, det är möjligt att ersätta brandflyget åtminstone delvis med multisensorsatellitsystem i flera upplösningar såsom VIIRS, MODIS, Sentinel-3, Sentinel-2 MSI, Sentinel-1 SAR, Planet och så vidare. Till exempel Suomi-NPP, som samlar in kortvåg och termisk IR-data vid 375 meters till 750 meters upplösning två gånger dagligen (klockan 01:30 och 13:30), har använts för aktiva branddetekteringar globalt (genom NASA FIRMS aktiva brandprodukter). Men dessa detektioner av potentiella bränder innehåller fel och måste därför förbättras genom att exkludera kända fel såsom byggnader, och andra kända varma objekt, vilket skulle kunna ske med hjälp av AI eller djupinlärningsmetoder. Planet, å andra sidan, kan också generera bilder (dock endast i synlig och nära IR) dagligen runt om i världen. Dock skulle detta kräva att det inte är mulet (eftersom det då inte går att detektera bränder). Denna detekteringsmetod skulle exempelvis kunna användas för att identifiera högriskområden under de tider då väderförhållandena tillåter.

Under molniga och rökiga förhållanden kan SAR-baserad övervakning användas. Även om SAR inte upptäcker aktiva bränder kan brända områden detekteras. Man kan härleda nya bränder genom att jämföra SAR-baserad detektering med befintliga brandärr. Som tidigare nämnts kan SAR-data (till exempel COSMO-SkyMed, Konstellation av 4 SAR-satelliter) förvärvas i Sverige dagligen. Därför har SAR potential att eventuellt användas för nära realtidsövervakning av brandutveckling.

Vilka resurser skulle det krävas för att erhålla ett operativt detektionssystem som baseras på satellitunderlag (och då specifikt med avseende på radarmätningar från satellit)?

Främst en pilotstudie tillsammans med MSB där multisensorsatellitsystemen testas på riktiga skogsbränder. I pilotstudien måste dagliga SAR-bilder (t.ex. COSMO-SkyMed) och Planet-bilder köpas in. Djupinlärningsbaserade algoritmer måste anpassas för vegetations- och skogsbränder i olika regioner i Sverige. Dessutom skulle även vidare studier behöva genomföras för att göra detektionssystemet operativt. I nuläget varierar detektionsnoggrannheten beroende på den lokala marktäckningen och terrängförhållandena där den eventuella branden uppstår. I allmänhet har upptäckten av skogsbränder högre noggrannhet än gräsbränder och buskbränder, medan plana områden har högre noggrannhet än i komplex terräng.

Hur skulle en implementering av ett satellitbaserat detektionssystem i Sverige kunna se ut (och då specifikt med avseende på radarmätningar från satellit)?

Som diskuterats tidigare, ett satellitbaserat detektionssystem i Sverige kan vara ett multisensorsatellitsystem i flera upplösningar. Vid grov rumslig upplösning kan VIIRS, MODIS, Sentinel-3 och även GOES-bilder (uppdateringsfrekvens på var 15:e minut) användas för tidig upptäckt av bränder minst två gånger om dagen, givet att det inte finns för mycket moln. Samtidigt bör all SAR-data (Sentinel-1, COSMO-SkyMed, Radarsat Constellation Mission, etcetera) samlas in för högriskområden (baserat på information från MSB och SMHI) och bearbetas för detektering av bränt område. Därigenom kan nya bränder detekteras genom att jämföra SAR-baserad detektering med befintliga brandärr. Sentinel-2, Landsat och Planet-bilder bör också samlas in, när de är tillgängliga för att verifiera och förbättra detekteringsnoggrannheten.

För övervakning av brandutveckling bör både ovan nämnda SAR och optiska data användas.

Är den tillgängliga uppdateringsfrekvensen av satellitunderlaget tillräcklig för att utgöra en tillförlitlig detektionskälla (och då specifikt med avseende på radarmätningar från satellit)?

Uppdateringsfrekvensen för optiska system, såsom VIIRS, MODIS, Sentinel-3, ligger på minst två gånger per dag, vilken bedöms vara tillräckligt för att utgöra en grund för ett detektionssystem. För radarsystem, Sentinel-1, är uppdateringsfrekvensen mellan två och tre dagar, medan COSMO-SkyMed ligger i storleksordningen en gång per dag. Som diskuterats tidigare kommer dock fler SAR-baserade system att finnas tillgängliga inom en snar framtid. SAR-data kan finnas tillgängliga från två gånger dagligen till var sjätte timme.

Är den tillgängliga upplösningen av satellitunderlaget tillräcklig för att utgöra en tillförlitlig detektionskälla (och då specifikt med avseende på radarmätningar från satellit)?

Ja, multisensorsatellitsystemen har tillräcklig upplösning för att utgöra en tillförlitlig detektionskälla. Med en rumslig upplösning på 375 meter till 500 meter av VIIRS, MODIS, och Sentinel-3-data, med en uppdateringsfrekvens på minst två gånger dagligen, kan dessa grova satellitdata användas för tidig upptäckt av aktiva bränder. Sedan kan dagliga Planet-bilder med 1 till 3 meters upplösning användas för att verifiera de upptäckta bränderna. Sentinel-1 SAR och -2 optiska bilder med 10 till 20 meters upplösningar kan sedan användas för att övervaka brandutvecklingen med en uppdateringsfrekvens på två till tre dagar.

Begränsningarna i storlek på bränder som kan detekteras med hjälp av satelliter medför att bränder behöver ha pågått en viss tid innan de kan detekteras med satellit. Är det rimligt att anta att dessa bränder kan upptäckas på annat sätt innan satelliten kan detektera dem?

I befolkade områden är det mycket troligt att en brand rapporteras innan den detekteras med hjälp av satellitunderlag. I avlägsna områden är det dock viktigt att kunna detektera potentiella bränder med satelliter. Efter en detektion av en potentiell brand är det även viktigt att möjliggöra övervakning av brandutvecklingen.

Fokus i projektet som KTH har arbetat med har varit att utveckla SAR-baserad djupinlärningsmetod för att övervaka brandens utveckling i nära realtid.

Vilka förbättringsåtgärder ser du är möjliga idag i Sverige kopplat till detekteringsverksamheten?

Satellitdetektering borde börja användas redan idag. Prioritet bör ges för att utvärdera multisensorsatellitsystem i områden med hög brandrisk och integrera det i MSB:s brandbekämpningsverksamhet. Drönare är också en teknik som skulle kunna börja användas som ett komplement till satellitsystemen.

Vilka synergieffekter skulle ett användande av satellitunderlag som detekteringsmetod kunna medföra som du ser det?

Skogsägare och försäkringsbolag skulle kunna dra nytta av bildunderlaget och exempelvis kunna göra kartering av skogsskador av olika slag, exempelvis till följd av en brand eller extremväder. Även omfattande parasitangrepp skulle kanske kunna vara möjligt att detektera i underlaget (detta skulle troligen i så fall vara till följd av färgskiftningar i trädens löv). Satellitbilderna kan också användas för att kartlägga skogsklara snitt.

Ser du någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete, och/eller tester?

Utvärderingar och ytterligare utveckling krävs, och detektionssystemet måste anpassas till de lokala förutsättningarna för att det ska vara möjligt att detektera med en jämn kvalitet i hela Sverige. Vid en jämförelse med andra länder är utmaningarna, i att skapa ett detektionssystem med satelliter i Sverige, att bränderna i Sverige är jämförelsevis små och kortvariga.

Om du fick prioritera framtida studier, arbete, och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle du helst vilja prioritera?

Framför allt att undersöka de lokala variationerna för att säkerställa att ett framtida detektionssystem, med hjälp av satelliter, fungerar lika bra i hela Sverige.

Intervju med Adam Dybbroe från SMHI 2020-10-01

Intervjun genomfördes via my.meetu.se den 1 oktober 2020 klockan 13:00–15:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Har under de senaste två åren jobbat med att ta fram ett testsystem för att använda satellitunderlag till att detektera vegetations- och skogsbränder.

Jobbar SMHI med frågor angående detektion av vegetations- och skogsbränder på något sätt?

SMHI har på uppdrag av MSB undersökt möjligheterna till att detektera bränder med hjälp av satellitunderlag. Än så länge är det enbart satellitunderlag som har undersöks för att utgöra en potentiell detektionskälla för bränder. SMHI har inte någon utveckling av själva algoritmen som används, utan arbetet inom SMHI har varit avgränsat till att fokusera på implementation av en fungerande detektionsalgoritm som använder satellitunderlag, samt att utvärdera träffsäkerhet och försöka filtrera bort eventuella felaktiga larm (till exempel värmekällor från industrier och energiförsörjning). Under brandsäsongen 2018 (dock mestadels under juli) detekterades ca 20 bränder innan ett larm om branden rapporterades in på något annat sätt.

Om det är många bränder aktiva samtidigt har en fördel med satellitunderlag visat sig vara att det är lättare att referera till respektive brand. Detta medför att det även kan vara lättare att detektera bränderna (om det är många aktiva bränder samtidigt) eftersom risken för att missta en brand för en annan minskar.

Dock är detektionsmöjligheterna med hjälp av satellitunderlag beroende av väderförhållanden, och det går i princip inte att detektera bränder genom moln. Men inom de områden där det inte är molnigt går det att detektera. Detta skulle kunna generera en karta över områden som brandflyget skulle kunna fokusera på. Det vill säga de områdena med mycket molnighet under en längre tid.

Även rök från bränder kan utgöra ett hinder för detektion med satelliter. Dock kan satelliter till viss del se skillnad på rök och moln. Även tidigare underlag om var moln har varit kan utgöra en metod för att avgöra om ett område rimligen kan vara moln eller om det mer troligen utgörs av rök.

Vad är SMHI:s syn på dagens detektionssystem (allmänhet och brandflyg)?

Detta är inte en fråga som SMHI har arbetat med och bedömningen är att de har för lite kunskap för att kunna besvara frågan.

Hur ser SMHI på framtiden avseende på vegetations- och skogsbränder?

Troligen är inte satelliter den enda lösningen till följd av problematiken med moln samt att kortlivade bränder är svåra att hinna detektera med satelliter. Dock kommer satelliter behöva ingå som en komponent i ett mer omfattande och mångfacetterat detektionssystem för vegetations- och skogsbränder.

Med de satelliter (Suomi-NPP och NOAA-20) som har använts i testsystemet (för detektion av bränder av SMHI) har man i storleksordningen tillgång till cirka 8 bra passager med täckning över hela Sverige. Ju längre norrut i landet, desto fler användbara passager och desto bättre geografisk täckning. Längst i norr är det i stort sett täckning var 50:e minut från midnatt till klockan 14:00 på eftermiddagen.

Det finns möjlighet att eventuellt inkludera fler satelliter i testsystemet. SMHI tar ner data från flera andra satelliter (från USA, Europa och Kina) än de två nämnda ovan, men anledningen till att dessa inte redan har inkluderats i systemet är att de antingen är gamla och på väg att fasas ut och att de dels inte har samma känslighet för detektering samt att kvaliteten på data för geolokalisering (ofta benämnt geografisk navigering) är sämre. Men det skulle även behöva användas en annan algoritm för de ännu ej inkluderade satelliterna. Den lägre kvaliteten på navigeringsdata medför att noggrannheten i lokaliseringen bedöms vara för dålig för att avgöra var en potentiell brand är lokaliserad (en detektion kan i värsta fall hamna upp emot ett par mil fel). Dock kommer de europeiska satelliterna successivt bytas ut (den första med en planerad uppskjutning 2023/2024) och då skulle det bli mer naturligt att addera fler satelliter.

Utöver ovan nämnda satelliter har även ESA några satelliter (Sentinel-3 A&B och senare C&D) i en solsynkron polär omloppsbana. Med ett banplan där satelliterna korsar ekvatorn från norr till söder klockan 10:00 lokaltid utgör de ett komplement till de två amerikanska satelliterna Suomi-NPP och NOAA-20 genom att ha en bra täckning över Sverige morgon och tidig kväll. Men data är inte tillgängliga för direktmottagning (på SMHI i Norrköping), utan istället måste underlaget från dessa satelliter gå via ESA vilket medför att det blir en fördröjning mellan satellitobservationerna och till dess att underlaget blir tillgängligt för analys. Denna fördröjning kan vara upp mot tre timmar, vilket bedöms vara för långt för en operationell användning för skogsbrandsdetektering i Sverige. I andra länder där det finns större folktomma skogbevuxna områden, jämfört med Sverige, skulle data även med denna fördröjning kunna vara användbara. Men i Sverige medför fördröjningen att branden troligen kommer detekteras på andra sätt innan satellitunderlaget blir tillgängligt för analys.

Ser du/SMHI någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

Det råder fortfarande oklarheter i hur små bränder som det praktiskt går att detektera med satelliter i en svensk skogsmiljö. De studier som finns har än så länge varit begränsade till att undersöka hur små bränderna teoretiskt kan vara för att möjliggöra detektion med hjälp av satelliter.

Även vidare undersökningar/studier angående problematiken med att detektera bränder genom moln är av intresse. Skulle det exempelvis vara möjligt att detektera genom tunna moln? Eller hur skulle ett system med att prioritera brandflyget baserat på molnigheten kunna se ut? I nuläget är det svårt att veta var satelliten har kunnat detektera eventuella bränder eller inte.

Troligen skulle det också vara möjligt att förbättra brandriskprognoserna med hjälp av satellitunderlag.

Detektionssystemet skulle även kanske kunna bli mer träffsäkert i detektionen av potentiella bränder genom att samköra satellitunderlaget med blixtnedslagdetektering och brandriskprognoserna.

Om du/SMHI fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle ni helst vilja prioritera?

Detta är inte en fråga som har beaktats. Men att fokusera på att addera de nya satelliterna allteftersom de driftsätts är en viktig uppgift som bör prioriteras när det är aktuellt.

Att arbeta fram en tjänst som visar var detektering har varit möjligt och inte möjligt skulle även vara ett arbete som borde bidra med mycket värdefull information.

Vidare arbete med att undersöka hur moln egentligen påverkar detekteringen är även en intressant uppgift som möjligen skulle kunna öka möjligheterna till att detektera genom vissa typer av moln eller närmre kanterna på molntäcken.

Inom litteraturen har projekt genomförts med syfte att detektera bränder med hjälp av väderradar. Vad är din bedömning av möjligheterna för ett detektionssystem som baseras på väderradar?

Det pågår inget arbete inom SMHI angående att nyttja andra tekniker utöver satellitunderlag till detektering av bränder. Men det skulle möjligen kunna gå att detektera brandrök med väderradar. I Sverige används dopplerradar som väderradar som täcker i princip hela Sverige. Känsligheten minskar med ett ökat avstånd, men en fingervisning är att radarn kan detektera inom en radie om cirka 240 km.

Inom litteraturen föreslås en kombination av indata från satelliter, radarstationer och brandriskprognoser. Vad är din bedömning av ett detektionssystem som baseras på dessa indata?

Eftersom dessa indata kompletterar varandra så borde det utgöra en bra grund för ett detektionssystem. Generellt är det bra med flera olika ingångsvärden.

Utöver kombinationen av satellitunderlag, radar och brandriskprognosen borde även blixtdetekteringen inkluderas eftersom många bränder startar till följd av blixtnedslag. I framtiden kommer även blixtdetektion att kunna ske från satellit, vilket skulle kunna ytterligare komplettera och förbättra blixtdetekteringen som idag enbart sker via triangulering från ett markbaserat nät.

Satellitmätningar med aktiva radarsensorer skulle kanske i framtiden kunna nyttjas i arbetet med brandriskprognoserna eftersom det är möjligt att få fram fuktigheten i marken med hjälp av detta underlag.

Vilka synergieffekter ser du/SMHI skulle kunna åstadkommas genom att utveckla den befintliga detektionsverksamheten i Sverige, alternativt implementera ytterligare detektionssystem?

Troligen skulle det vara möjligt att övervaka och detektera olovlig bränning eller om det eldas under perioder med eldningsförbud.

Hur en pågående brand påverkar det lokala vädret vid branden skulle troligen kunna bygga på samma satellitunderlag som själva detektionssystemet. Bränder genererar lokala väderförändringar som kan leda till att moln (Pyrocumulusmoln) bildas samt kraftiga vindar till följd av den värme som skogsbranden alstrar. Ju större branden är, desto mer värme alstrar den, med både högre moln och kraftigare vindar som följd, även nederbörd kan falla samt åska kan förekomma i extrema fall. Vid exempelvis de stora bränderna år 2018 hade SMHI haft personal på plats bland annat för att bedöma dessa lokala väderförhållanden, skapade av själva branden. Nuvarande detektionssystem skulle också kunna användas för att följa hur skogsbranden sprider sig.

Vad skulle krävas för att implementera ett sådant system i Sverige?

SMHI har testat ett system för detektion av vegetations- och skogsbränder under brandsäsongen 2020, som också presenterades i realtid på en lösenordskyddad webbportal. Under testperioden har utlarmning skett genom att ett sms och mejl har skickats direkt till räddningstjänsterna som deltog samt till MSB. För att implementera systemet och för att få räddningstjänsterna att använda systemet skulle larmen behöva sorteras så att bara de som är berörda av larmet får det utlarmat. Under testperioden skickades samtliga larm till alla som deltog.

Även larm om att detektering inte har varit möjligt till följd av exempelvis mulet väder skulle kunna gå ut till räddningstjänster som berörs så att de är medvetna om att bränder inom deras ansvarsområde inte har kunnat detekterats. En portal bör arbetas fram så att berörda parter kan gå in och följa statusen samt exempelvis se var detektering har varit möjligt och inte, men även var potentiella bränder har detekterats nationellt skulle kanske kunna vara av intresse.

En vidare utveckling skulle sedan kunna vara att arbeta fram en applikation (I Sydafrika används exempelvis en applikation vid rapportering av potentiella bränder). Om en applikation skulle arbetas fram skulle den med fördel även kunna vara tillgänglig för allmänheten som då skulle kunna rapportera in misstänkta bränder genom applikationen och även till viss del få tillgång till annat underlag genererat av detektionssystemet.

Det skulle i princip vara möjligt att börja detektera bränder med hjälp av satellitunderlag i Sverige idag. Det som behövs är att det finns någon resurs konstant tillgänglig för att säkra driften av detektionssystemet. Under testperioden kunde exempelvis ett tekniskt fel medföra att systemet låg offline under en hel helg till följd av att det inte fanns en resurs tillgänglig. Vid ett operativt användande av detektionssystemet vore det ej acceptabelt.

Vilka resurser skulle krävas för att upprätthålla ett sådant system i Sverige?

Det pågår arbete med att bedöma vilka resurser som krävs för att göra testsystemet operativt. Men troligen kommer kostnaden att hamna i hundratusenklassen. Alla resurser finns inom SMHI och kostnaderna för att hålla detektionssystemet operativt skulle främst vara kopplade till bemanning och underhåll av systemet.

Ser du/SMHI att det finns några förbättringsmöjligheter/förbättringsåtgärder möjliga att vidta redan idag i Sverige?

Inget utöver det som framgår i tidigare svar.

Det skulle tämligen enkelt gå att addera satellitunderlaget från ESA (de satellitunderlag som har en fördröjning på uppskattningsvis tre timmar). Även om bedömningen är att dessa satelliter inte kommer kunna bidra nämnvärt, så kanske de trots allt kan detektera någon enstaka brand innan något annat system detekterar branden och i så fall vore det en förhållandevis enkel förbättring av satellitdetekteringssystemet. Det är dock viktigare att fokusera på att addera underlag från de nya satelliterna när de gamla byts ut.

Ser du/SMHI att ni har en roll inom detekterings-verksamheten i Sverige?

Ja, främst till följd av att det är SMHI som har utrustningen och en stor del av den tekniska kompetensen. Dock utgör det ett myndighetssamarbete där det är MSB som bedöms ha ansvaret och att det kommer vara ett arbete som SMHI genomför på uppdrag av MSB.

Som du ser det: skulle SMHI vara intresserad av att vara delaktiga i ett detektionssystem för bränder?

Ja, intresse finns inom SMHI att både delta och utveckla ett framtida detektionssystem och inte enbart förse ett system med underlag. Dock har inte SMHI någon intern budget för arbete kopplat till detektering av vegetations- och skogsbränder och är därför beroende av att MSB beställer arbetet/deltagandet av SMHI. Likväl är det en prioriterad fråga inom SMHI som de gärna ser att MSB beställer.

Intervju med Günther Haase och Daniel Johnson från SMHI 2020-10-06

Intervjun genomfördes över Teams den 6 oktober 2020 klockan 13:00–14:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. De intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är er erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Günther har jobbat på SMHI med väderradar under de senaste cirka 18 åren, och då mycket med kvalitetskontroll. Daniel har jobbat på SMHI i 11 år med väderradar och är utbildad civilingenjör inom fjärranalys. Arbetet med väderradarstationerna på SMHI har under den senaste tiden varit mestadels inriktat på att modernisera radarutrustningen.

Hur ser ni på framtiden med avseende på vegetations- och skogsbränder?

Är inte tillräckligt insatta för att besvara frågan. Mycket av SMHI:s engagemang angående detektering av vegetations- och skogsbränder är beroende av att MSB beställer det av SMHI. Möjligen skulle detta aktuella projekt (det vill säga de projekt som MSB genomför för att utvärdera branddetektionsmetoder) kunna avgöra hur omfattande SMHI:s framtida roll kommer bli angående att detektera potentiella bränder.

Studier har genomförts angående att detektera bränder (genom att detektera brandröken) med hjälp av väderradar. Vad är er bedömning av denna möjliga detekteringsmetod?

Har inte så mycket tidigare erfarenhet av detektering av brandrök med väderradar. Två fallstudier har dock undersökts i efterhand baserat på SMHI:s radarmaterial. Dessa var bränderna i Kårböle 2018-07-17 samt i Lillhärdal 2018-07-16. I radarmätningarna kopplade till branden i Lillhärdal gick det att tydligt se hur en plym med brandrök byter riktning i vinden. Den initiala känslan är därmed att det är möjligt att få till ett detektionssystem av brandrök baserat på väderradar. Dock är ekvationerna som användes vid fallstudierna optimerade för att bedöma väder.

Väderradarn som SMHI använder är specificerade på att se vattendroppar och annat som rör sig i luften som interagerar med elektromagnetiska pulser. Systemen är optimerade för detektion av nederbörd vilket innebär Rayleigh-spridning.

Antagandet av Rayleigh-spridning gäller för en partikelstorlek mindre än i storleksordning av en våglängd. Våglängden för SMHI:s väderradaranläggningar är ca 5,3 cm (5,6 GHz) och partikelstorleken blir då ca 5 mm. Radarsystemen kan även detektera Mie-spridare, men kan då inte kvantifiera dessa.

Vid fallstudierna var det inte klarlagt vad som finns inne i en plym av brandrök till följd av en skogsbrand. Om detta undersöktes närmare skulle det troligen gå att använda bättre inställningar för att få röken att synas bättre. Dessutom betedde brandröksplymen sig annorlunda, vilket också borde kunna gå att detektera och särskilja från andra detektioner i radarunderlaget. I efterhand var det förhållandevis lätt att bekräfta en brand, men att ovetande detektera branden kräver vidare studier för att optimera inställningar och lära systemet vad som ska detekteras.

Uppdateringsfrekvensen för radarunderlaget är var femte minut för nederbördsdetektion. Så länge branddetektion är möjligt med samma radiofrekvenser och inställningar som används vid nederbördsdetektion kommer även uppdateringsfrekvensen att vara densamma för branddetektion. Om andra inställningar än vid detektion av nederbörd behövs för branddetektering kommer uppdateringsfrekvensen att sjunka eftersom väderundersökningarna är högre prioriterade.

Nederbörd kan utgöra ett problem för detektion av bränder med väderradar. Dock växer inte bränder till sig vid nederbörd, så detta bedöms inte vara problematiskt. Fåglar, insekter, och eventuellt andra icke-meteorologiska ekon skulle dock kunna vara problematiskt vid detektering av brandrök med radar.

Inom SMHI finns det olika radarutrustning som arbetar inom C-bandet (5,6 GHz) och W-bandet (94 GHz).

Kombinationen av radar och satellit bedöms kunna ge bra ingångsvärden för ett detektionssystem av bränder.

Vilken räckvidd har en väderradarstation?

En väderradarstation har en räckvidd på cirka 240 km, till följd av jordens krökning ökar dock avståndet till marken för det lägsta som går att detektera med radarn. I Sverige finns det 12 väderradarstationer utspridda som täcker i princip hela landet. Den lägsta tillgängliga elevationsvinkeln på radarn är 0,5 grader. Detta medför att på ett avstånd om cirka 240 km är det lägsta (närmast marken) som går att detektera cirka 3,5 km upp i luften.

Hur ser täckhetsgraden med väderradar ut i Sverige?

Framgår ur svaret på den föregående frågan.

Vilka resurser skulle det krävas för att erhålla ett operativt detektionssystem av bränder som baseras på väderradar?

Det som saknas är en metod och ett analyssystem för detektionssystemet. Inom SMHI finns det databehandlingssystem att tillgå, men de behöver anpassas till detektering av brandrök.

Hur skulle en implementering av ett väderradarbaserat detektionssystem av bränder i Sverige kunna se ut?

Det finns redan ett samarbete mellan MSB och SMHI, det vore därför inte orimligt att SMHI skulle ansvara för drift och underhåll av ett framtida detektionssystem av brandrök med väderradar och sedan larma MSB samt aktuella räddningstjänster vid detektion av en potentiell brand.

Vilka synergieffekter skulle ett användande av väderradar som detekteringsmetod kunna medföra som ni ser det?

Med ganska få kompletterande väderradarstationer skulle Sverige erhålla ett heltäckande väderradarövervakningssystem. Om det visar sig att väderradar är en effektiv metod för att detektera bränder skulle en synergieffekt kunna bli att dessa kompletterande väderradarstationer realiseras.

På Island (och även i Italien) används mobila radarstationer, som använder sig av radar inom X-bandet, för att övervaka vulkaner genom att detektera aska. Detta tyder på att det dels går att se aska med radar, dels att det borde vara möjligt att komplettera väderradarsystemet i Sverige med mobila radarstationer för att eventuellt täcka upp håligheter i radarövervakningen i Sverige.

Ser ni någon frågeställning (angående detektion av bränder med väderradar) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

Vidare studier för att bestämma vilka inställningar som krävs för att detektera brandröken med väderradarn och i möjligaste mån filtrera bort allt annat. Detta borde utgå från en litteraturstudie, och sedan utifrån tidigare kända bränder undersöka radarunderlaget för att se om systemet kan detektera och filtrera ut brandröken.

Någon form av valideringssystem kommer att behöva ingå i detektionssystemet för att minimera felaktiga larm. I och med att SMHI sparar allt radarunderlag så kommer inte brist på radarunderlag att vara ett problem vid en eventuell framtida studie. En större uppdatering av radarenheterna har genomförts, och det bättre radarunderlaget (dubbelpolariserad radar) finns från cirka 2015.

Om ni fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder med väderradar) vad skulle ni helst vilja prioritera?

Det som borde vara mest prioriterat borde vara att undersöka vad som finns i röken för att därigenom studera vilka inställningar som är mest optimala på radarn för att kunna detektera och filtrera ut brandrök.

Intervju med Andreas Sundberg från Kustbevakningen 2020-10-07

Intervjun genomfördes via Teams den 7 oktober 2020 klockan 09:00–11:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Kustbevakningen har sedan cirka 2014 hjälpt till med att rapportera in bränder om de har detekterat någon under sina flygningar. Under en släckinsats kan de även hjälpa till med att koordinera övriga flygande enheter, exempelvis helikoptrar för vattenbombning.

Jobbar som chefsoperatör och styr sensorerna ombord på Kustbevakningens flygplan. Har även varit med i plan som har bistått insatsarbete vid skogsbränder. Hjälper även till vid utbildning, exempelvis vid utbildning för blivande brandflygspiloter.

Jobbar Kustbevakningen med frågor angående detektion av vegetations- och skogsbränder på något sätt?

Hjälper aktivt till med att detektera bränder när det är möjligt inom myndighetens verksamhet. Exempelvis under somrarna när de flygande enheterna ändå behöver förflytta sig över land passar de på att spana efter potentiella bränder. Dock ingår inte branddetektion i Kustbevakningens myndighetsansvar, vilket medför att de inte heller har några dedikerade flygningar enbart för branddetektion. Men om en potentiell brand skulle detekteras kommer den flygande enheten stanna kvar och bistå släckinsatsen vid behov.

Vad är Kustbevakningens syn på dagens detektionssystem (allmänhet och brandflyg)?

Har för lite kunskap för att besvara denna fråga. Men Kustbevakningen hittar emellanåt tidigare ej inrapporterade vegetations- och skogsbränder.

Hur ser Kustbevakningen på framtiden med avseende på vegetations- och skogsbränder?

Kustbevakningens roll inom detektionsverksamheten av bränder i Sverige utgör en myndighetsfråga. Men ser det inte som orimligt att det kommer bli fler flygningar, och då även inriktade på branddetektion inom Kustbevakningens verksamhet framöver.

Ser du/Kustbevakningen någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

För lite erfarenhet för att besvara denna fråga.

Kustbevakningens detektionsmetod baserar sig på IR-teknik som positionerar potentiella bränder. Branden markeras ut på en karta som även bland annat räddningstjänsterna har tillgång till. Inrapporteringen av den detekterade branden går via SWEDEN RESCUE som i sin tur står i kontakt med SOS Alarm som kan kontrollera ifall det är en tidigare inrapporterad brand eller inte. Eftersom Kustbevakningen och räddningstjänsterna har tillgång till samma system har de även en tätare och mer direkt kommunikation. Kustbevakningen har även möjlighet att direkt skicka stillbilder från luften till räddningsledaren under en insats. Om möjlighet finns stannar den flygande enheten kvar vid branden under insatsen och hjälper även till med att påbörja insatsen och följer utvecklingen av branden.

Om du/Kustbevakningen fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle ni helst vilja prioritera?

Har för lite erfarenhet för att kunna besvara denna fråga. Men möjligheten till att livestreama bildmaterial direkt från planet till en räddningsledare skulle troligen kunna bidra med mycket användbar information till räddningsledaren för släckinsatsen.

Vilka tekniker, sensorer, eller annan detektionsutrustning använder ni inom Kustbevakningen idag?

Framförallt är det IR-teknik som används för att detektera potentiella bränder, men även radarutrustning finns ombord på de flygande enheterna. Utöver dessa finns även andra skanningsverktyg, men eftersom IR-tekniken är så mycket bättre på att detektera potentiella bränder används inte de andra sensorerna för detta ändamål. Sensorerna ombord på de flygande enheterna ska även inom en snar framtid genomgå en uppdatering vilket kommer öka deras möjlighet till att detektera bland annat bränder.

Skulle någon av de teknikerna, sensorerna, eller den andra detektionsutrustningen kunna användas för att detektera bränder, och i så fall vilka begränsningar skulle de kunna ha?

Ja, och de har även möjlighet att se riktigt små bränder. Exempelvis har ett test genomförts där det var möjligt att se en grill på en åker på ett avstånd om cirka 30 km, trots sämre väderförhållanden. All form av fuktighet i luften försämrar branddetektionsförmågan, men oftast är det bra väderförhållanden vid brandrisk så det brukar inte utgöra ett problem, dock kan dimma förekomma. Vid mulet väder kan planet behöva flyga på en lägre höjd, eftersom IR-tekniken inte kan detektera så bra genom moln. En lägre flyghöjd medför att ett mindre område kan övervakas på samma gång, jämfört med ifall planet kan ligga på en högre flyghöjd. Även tätheten i skogen kan vara problematisk vid detektion av bränder eftersom övervegetationen kan skymma en eventuell brand i undervegetationen. Ovan gäller för det äldre systemet, som är från 2004, det nya systemet kommer vara avsevärt mycket bättre och utgöras av den senaste tekniken från 2020. Den exakta prestandan av det nya systemet kvarstår dock att se när planen väl har genomgått uppdateringen.

Eftersom IR-systemet detekterar värme så är det som lättast att detektera potentiella bränder under nätterna, och bränder syns som bäst för IR-systemen någon timme innan solen går upp. Detta eftersom omgivningen då i förhållande är som kallast.

Vilken övervakningskapacitet har era plan (flygtid, möjligt bevakningsområde etcetera)?

En fingervisning är att ett normalt flygpass pågår i cirka 6 timmar med en hastighet på ungefär 180 knop (cirka 330 km/h). Hur stort område som kan övervakas under ett flygpass beror mycket på vilken flyghöjd planet kan flyga på. Det vanligaste är dock att planen ligger på cirka 5 000 fot (cirka 1,5 km). Vid en pågående insats kan Kustbevakningens plan lägga sig på en slinga runt branden på cirka 5 000 fots flyghöjd och övervaka branden samt koordinera övriga flygande enheter. Om Kustbevakningens plan är den enda flygande enheten kan de gå ner på cirka 3 000 fots flyghöjd (cirka 900 meter) om det är önskvärt.

Inom litteraturen har undersökningar genomförts angående att använda radar och/eller lidar för att detektera bränder. Är detta tekniker som ni har ombord på era plan idag, och i så fall vad är din bedömning av att använda dessa tekniker för branddetektering från luften?

Att använda radar för att detektera brandrök är inte något som har undersökts. Dock har Kustbevakningen en mycket bra radar som exempelvis kan se skillnad på löv- och barrskog. Dagens radarutrustning ombord Kustbevakningens plan kan se cirka 80 nautiska mil (cirka 144 km). Dock är radarn specialiserad på övervakning och inte på väderförhållanden som exempelvis SMHI:s radarutrustning.

Hur långt en radar kan se kan beräknas genom att multiplicera roten ur antennhöjden med 2,2, där svaret ges i nautiska mil. Detta ger radarhorisonten till objekt som är på samma höjd som antennen. Om ett objekt är högre upp i luften ska objektets höjd adderas till svaret.

Besättningen ombord på Kustbevakningens plan består av två piloter och två operatörer. Utöver deras arbetsplatser ombord finns det ytterligare en reservplats. Denna reservplats kan vid behov nyttjas av exempelvis en räddningsledare under en pågående insats. IR-tekniken kan även se genom brandröken, vilket är användbart under en pågående släckinsats eftersom spridningshastigheten samt skridningsriktningen då kan följas. Men även information om var olika bränder finns och var brandfronterna är går att se med IR-utrustningen.

Det främsta som bedöms saknas för att förbättra branddetektionsverksamheten skulle vara att ha en insatsberedskap, vilket hade ökat tillgängligheten.

Vilka synergieffekter ser du/Kustbevakningen skulle kunna åstadkommas genom att utveckla den befintliga detektionsverksamheten i Sverige, alternativt implementera ytterligare detektionssystem?

Möjligen ett smidigare samarbete mellan myndigheter och kommuner. Anser att samtliga statliga resurser ska användas på bästa sätt utifrån samhällets samtliga behov. Idag kan det delvis upplevas som att alla myndigheter avgränsar sig till enbart sitt myndighetsansvarsområde och bortser från eventuella synergieffekter när myndigheter ändå utgör sitt myndighetsutövande.

Vad skulle krävas för att implementera ett sådant system i Sverige?

Främst är bedömningen att kommunikationssystemet RAKEL som används behöver förbättras. Det som är bristfälligt är täckningen. Vid höga hastigheter hinner inte alltid samtalet kopplas vidare till nästa basstation.

Något annat som vore intressant att undersöka är möjligheten till att skicka sms till specifika mobiltelefoner inom ett avgränsat geografiskt område. Detta skulle exempelvis kunna användas för att informera individer om att evakuera ett specifikt område vid detektion av en skogsbrand. Detta är ett system som används runt om i världen, men dock ännu inte i Sverige.

Vilka resurser skulle krävas för att upprätthålla ett sådant system i Sverige?

Främst personal till att bemanna och underhålla de flygande enheterna.

Ser du/Kustbevakningen att det finns några förbättrings-möjligheter/förbättringsåtgärder möjliga att vidta redan idag i Sverige?

Detta är inget som Kustbevakningen har undersökt. Men vill nämna att även om många fördelar med drönare finns vid arbete med en pågående insats så måste luftsäkerheten säkerställas och att det kanske är bättre att inte använda drönare i vissa fall om det finns andra benammade enheter i luften samtidigt.

Ser du/Kustbevakningen att ni har en roll inom detekte-ringsverksamheten i Sverige?

Vid larm och hjälp med en pågående insats kan ses mer som en beställning. Men övervakningen och detektion av potentiella bränder under myndighetens vardagsarbete är en uppgift som Kustbevakningen anser att de har.

Som du ser det: skulle Kustbevakningen vara intresserad av att vara delaktiga i ett detektionssystem för bränder?

Bedömningen är att Kustbevakningen vill vara delaktiga i ett framtida detek-tionssystem och att det även är deras målsättning.

Intervju med Mattias Nyström från Komatsu Forest 2020-10-07

Intervjun genomfördes över telefon den 7 oktober 2020 klockan 14:05–14:30. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Har ingen tidigare erfarenhet av detektering av vegetations- eller skogsbränder. Men har jobbat mycket med lidar och var tidigare anställd på SLU (2009–2019) och jobbade då med flygburen laserskanning samt har disputerat inom ämnet.

Enligt uppgift ska ni ha forskat kring lidar, och lidar har enligt vissa studier visat sig vara en möjlig detektionsteknik för att detektera bland annat skogsbränder. Vad är din bedömning av möjligheterna till att detektera vegetations- och skogsbränder med lidar?

Ser inte lidar som en lämplig detektionsteknik för detektering av bränder genom att detektera brandröken. Detta eftersom det i dagsläget är en dyr lösning som har ett begränsat övervakningsområde. I princip skulle lidarn behöva vara monterad på ett flygplan som skulle behöva flyga nära branden. I och med det är exempelvis vanlig RGB-kamera alternativt IR-teknik betydligt bättre i dagsläget. Detta till följd av RGB-kamerans förhållandevis låga kostnad och bättre räckvidd, i jämförelse med lidar. IR-teknik är något dyrare än RGB, men kan användas för att detektera genom moln eller rök, men det kan inte lidar.

Utvecklingen går dock snabbt inom lidar-tekniken, och i framtiden kan det vara möjligt att nya lösningar eller tillämpningar kan medföra att lidar kan bli ett alternativ för vegetations- och skogsbrandsdetektering.

Lidar kan se genom trädkronorna och därmed monitorera marken och undervegetationen i skogsområden, dock ej under en pågående brand. Detta göra att lidar skulle kunna vara en bra teknik att nyttja för att i förhand kartera det tillgängliga bränslet på marken. Detta skulle kunna genomföras proaktivt genom att kontinuerligt kartera bränsletillgången i skog och mark.

I dagsläget tar det cirka åtta år att skanna hela Sverige med lidar, medan det tar cirka två till tre år att flygfotografera hela Sverige. Att det tar förhållandevis så mycket längre tid att dokumentera hela Sverige med lidar, jämfört med att fotografera, beror främst på att lidarn har en så pass mycket mindre detekteringsområde.

Övrigt

Drönare borde vara ett bra verktyg att börja använda vid en insats. Dock är bedömningen att en drönare i dagsläget inte bör utrustas med lidar för att bistå en pågående insats med underlag till följd av den begränsade flyghöjden hos en drönare.

Mycket tid bedöms kunna sparas genom att i ett tidigt skede kunna få information angående branden, vilket en drönare med en IR-kamera skulle kunna generera och förmedla till räddningsledaren. Detta är inte en ny tanke och det finns även färdiga drönarenheter med IR-kameror som skulle kunna användas för detta ändamål. Det finns till exempel programvaror som ögonblickligen skapar flygfotokartor medan drönaren flyger. Dock skulle troligen datahanteringen av bildmaterialet, genererat av drönaren, behöva ses över. Men det finns väldigt många färdiga datahanteringsverktyg som går att använda redan idag. Huruvida dessa färdigutvecklade datahanteringsverktyg uppfyller önskvärda krav på informationssäkerhet behöver dock utredas, om de skulle vara önskvärda att använda.

Intervju med Mathias Milz från LTU 2020-10-08

Intervjun genomfördes över Teams den 8 oktober 2020 klockan 13:00–15:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Biträdande professor inom satellitdata med ett stort intresse för fjärranalys. Skrev en rapport år 2013 angående skogsbränder. Jobbar för tillfället bland annat med att nyttja satellitdata för att förbättra brandriskanalyserna samt som lärare med lite forskningsinslag.

Har viss erfarenhet av branddetektion i och med rapporten om skogsbränder från år 2013 samt har handlett ett examensarbete angående detektering av skogsbränder med hjälp av satellitunderlag. Har därefter även varit i kontakt med SMHI inom andra projekt och då hållit sig uppdaterad inom branddetektionsmöjligheterna med satellit.

Hur ser du på framtiden med avseende på vegetations- och skogsbränder?

Klimatförändringarna kommer medföra att frågan troligen blir alltmer aktualiserad, med både längre och torrare perioder i Sverige. Det finns även redan idag områden där skogen periodvis lider av vattenbrist, vilket medför att brandrisken ökar samt att en eventuell brand riskerar att få större konsekvenser.

Vad är din bedömning av möjligheterna till att använda satellitunderlag för detektering av bränder?

Ser det som en jättebra metod för att detektera vegetations- och skogsbränder. Finns redan idag bra med underlag, och med nya förbättrade satelliter i framtiden kommer upplösningen, och därmed detektionsmöjligheterna, bara att förbättras. Satellitunderlaget finns snabbt och enkelt tillgängligt direkt vid överflygningen (för vissa operationella meteorologiska satelliter), och SMHI mottar kontinuerligt detta underlag redan idag.

Utvecklingen går mot att satelliterna blir allt mindre och mindre. Detta skulle kunna leda till att det kommer att bli fler satelliter i omloppsbanan till följd av lägre priser. Det skulle i så fall kunna leda till att uppdateringsfrekvensen blir bättre, om satellitunderlaget är lika tillgängligt. Detta öppnar även upp för att privata aktörer kan ta sig in på marknaden med egna specialiserade satelliter. Vilket skulle kunna leda till att ett specialiserat branddetektionssystem skulle kunna växa fram. Dock skulle datahanteringen troligen behöva ses över för att garantera en snabb och tillförlitlig analys.

Vad är skillnaderna (fördelar och nackdelar) mellan att använda satelliter i omloppsbana jämfört med geostationära satelliter för detektering av bränder?

Geostationära satelliter kan enbart finnas över ekvatorn, och ju längre bort från ekvatorn ett område ligger, desto sämre blir upplösningen till följd av jordens krökning. Medelhavsländer ligger tillräckligt nära ekvatorn för att kunna dra nytta av de geostationära satelliterna som finns idag. Sverige bedöms dock ligga för långt bort.

Det finns alternativa utformningar av en satellits omloppsbana där satelliten passerar en viss del av jorden under en längre tid, detta genom att omloppsbanan är mer elipsformad. Detta medför att det går att ha en satellit som exempelvis skulle vara över Sverige en längre tid för att sedan snabbare passera andra sidan av jorden.

Projekt har genomförts med att bedöma möjligheterna till att detektera bränder med hjälp av radarmätningar från satelliter. Vad är din bedömning av möjligheterna för en sådan detekteringsmetod?

Är inte tillräckligt insatt i denna frågeställning för att kunna besvara frågan. Dock går det att undersöka vattenförhållandena och vegetationen, vilket medför att brandriskprognoserna borde kunna förbättras med hjälp av detta underlag.

Det borde även vara möjligt att se brandhärjade områden, som då skulle kunna användas för att följa en pågående brands spridningshastighet och spridningsriktning. Dock skulle detta även gå att göra med vanligare multispektrala sensorer och är inte unikt för radarmätningarna från satelliten. Exempelvis går det att se skillnad på majs och vete, eller tall och granskog, med bildmaterialet från en satellit.

Skulle det vara möjligt att ersätta brandflyget helt eller delvis av satellitunderlag?

Inte riktigt eftersom branddetektion med hjälp av satelliter kräver molnfria väderförhållanden. Men detektion med hjälp av satelliter skulle dock kunna avgöra var och när brandflyget ska patrullera och leta efter potentiella bränder. Det vill säga i områden med en längre tids molnighet, eftersom satelliter inte har kunnat detektera eventuella bränder inom dessa områden.

Vilka resurser skulle det krävas för att erhålla ett operativt detektionssystem som baseras på satellitunderlag?

I och med SMHI finns det som krävs för att upprätthålla ett operativt detektionssystem i Sverige baserat på satellitunderlag. Detta eftersom SMHI har kunskap och utrustning för att snabbt ta emot underlag direkt från satelliterna och därefter omgående genomföra analyserna vid en överflygning av de tillgängliga satelliterna.

Det är viktigt med snabb analys av satellitunderlaget för att så snabbt som möjligt kunna skicka ut larm om potentiella bränder. SMHI har, som sagt, det som krävs för detta. Det som kräver vidare utveckling är ett snabbt, smidigt och tydligt system för att distribuera informationen/larmen om de potentiella bränderna.

Det är också viktigt att vara medveten om att allt satellitunderlag som finns tillgängligt kanske inte är tillåtet att använda hur som helst.

Hur skulle en implementering av ett satellitbaserat detektionssystem i Sverige kunna se ut?

Lämpligen borde SMHI ansvara för detektionssystemet eftersom det är de som har både kompetensen och utrustningen. Så bedömningen är att det främst är en finansiell fråga. Det finns även ytterligare satellitunderlag som skulle kunna vara av intresse att inkludera i ett eventuellt detektionssystem för bränder. Men troligen är fördröjningen mellan överflygningen och tillgängligheten av materialet för omfattande för att materialet ska kunna utgöra underlag till ett branddetektionssystem. Dock är det möjligt att även SSC (Swedish Space Corporation, också känt som svenska rymdaktiebolaget), med ESRANGE (European Space and Sounding Rocket Range, utgör Sveriges enda rymdbas) som en aktör i Sverige, skulle kunna utgöra ett komplement till SMHI:s branddetekteringsverksamhet baserat på satellitunderlag eftersom de arbetar delvis med olika satelliter.

Är den tillgängliga uppdateringsfrekvensen av satellitunderlaget tillräcklig för att utgöra en tillförlitlig detektionskälla?

Saknar specifik brandkunskap, så det är svårt att svara på. Men underlaget som är tillgängligt idag utgörs av mellan fyra och åtta överflygningar över hela Sverige. Dock kan väderförhållandena medföra att det inte går att detektera bränder med satellit under långa perioder. Men om det är skiftande väder finns sannolikheten att någon av överflygningarna kan detektera åtminstone delar av området.

Begränsningarna i storlek på bränder som kan detekteras med hjälp av satelliter medför att bränderna behöver ha pågått en viss tid innan de kan detekteras med satellit. Är de rimligt att anta att dessa bränder kan upptäckas på annat sätt innan satelliten kan detektera dem?

I glesbygden borde det absolut vara möjligt att upptäcka bränder med hjälp av satellitunderlag först. Uppskattningsvis i områden med 10–15 km till befolkning borde det vara en bra metod.

Även dimma och dis kan medföra att det är svårt att se rök från marken, och då kan IR-detektering från en satellit vara en bra detekteringsmetod. Dessutom under tider då det inte är säsong för vandring och skogsarbete borde satellitdetektering vara en bra metod eftersom det då är ett färre antal personer ute i skog och mark. Detta borde även bli en mer viktig aspekt i framtiden eftersom klimatförändringarna medför att brandsäsongen blir längre.

En annan användbar egenskap med satellitdetektering av bränder är att satelliten till viss del kan se bränder under mark, vilket kan vara en fördel vid blixtnedslag. Men också att satelliten till viss del kan följa en pågående brand genom röken och därmed ge värdefull information till räddningsledaren.

Vilka förbättringsåtgärder ser du är möjliga idag i Sverige kopplat till detekteringsverksamheten?

Drönare, eller kluster av drönare, är en teknik som borde ses över och där det är möjligt implementeras för detektion av bränder och/eller för att bistå en släckinsatts.

Vilka synergieffekter skulle ett användande av satellitunderlag som detekteringsmetod kunna medföra som du ser det?

Underlaget skulle kunna användas för att klassa olika områden av marken. Skulle vara möjligt att följa hur vegetationen mår och observera eller följa hur ett skogsarbete pågår. Exempelvis skulle det kunna vara möjligt att se till så att det är rätt skogsområde som avverkas, och brottslig eller felaktig avverkning av skog skulle kunna detekteras. Skulle även vara möjligt för lantbruket att följa skörden och därmed även bestämma när det är dags att skörda. Oljeutsläpp och andra marinfrågor skulle också kunna övervakas utifrån satellitunderlaget. Detta är bara några få exempel, och tillämpningsområdena av satellitunderlaget är många.

Inom litteraturen föreslås en kombination av indata från satelliter, radarstationer och brandriskprognoser. Vad är din bedömning av ett detektionssystem som baseras på dessa indata?

Ser det som en givande kombination. Fördelen med både satellit och radar är att vi vet var teknikerna tittar, vilket underlättar positioneringen av en potentiellt detekterad brand. Men även att radar och satellitunderlag utgör kompletterande underlag där radarn detekterar horisontellt och satelliten vertikalt. Exempelvis skulle radarn kunna detektera brandröken och då veta var satelliten ska fokusera. Satelliten skulle då även kunna verifiera och dessutom möjligen kunna bättre positionera en eventuell brand genom röken som radarn detekterade. Det omvända är även möjligt, det vill säga att en satellit detekterar en potentiell brand och radarn verifierar ifall det finns rök i närområdet.

En ytterligare intressant aspekt med att använda väderradar för branddetektion är att vissa molntyper är förknippade med större bränder. Detta skulle då även, utöver brandröken, kunna nyttjas som en indikation på att en eventuell brand har uppstått.

Ser du någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

Att säkerställa tillgången på högupplöst satellitunderlag är av största vikt. Men också att tillgängligheten av satellitunderlaget går snabbt för att utgöra ett underlag för branddetektion.

Om du fick prioritera framtida studier, arbete, och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle du helst vilja prioritera?

Se svar på föregående fråga.

Övrigt

Finland har ett branddetektionssystem baserat på satellitunderlag, och de har även ett informationsdistributionssystem av de potentiella larmen. Det kan därför med fördel vara värt att se över deras system innan ett motsvarande utvecklas och driftsätts i Sverige. En applikation skulle kanske kunna vara ett lämpligt format att använda sig av.

Möjligheten att använda ytterligare underlag i ett detektionssystem borde undersökas. Det skulle exempelvis kunna vara olika typer av markdata, tillgängligheten på bränsle i en eventuell brands närhet. Även information om det är en potentiell brand i en torr tallskog eller en fuktig björkskog skulle troligen vara av intresse för räddningsledaren att få med i ett larmmeddelande. Även möjligheten till att följa brandens utveckling i en eventuell applikation borde vara en bra funktion.

Intervju med Anders Persson från Skogsstyrelsen 2020-10-09

Intervjun genomfördes över Teams den 9 oktober 2020 klockan 10:00–11:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Utbildad jägarmästare och tog examen för cirka 30 år sedan. Arbetade initialt med fjärranalys av skogsprodukter. Har arbetat på Skogsstyrelsen sedan 1996 med i huvudsak GIS med inriktning på fjärranalys baserat på satellitunderlag.

Tidigare var synen på skogsbränder i skogsbranschen att de inte var ett problem i Sverige, men de var för längesen. Sen år 2014 har intresset för skogsbrandsfrågor ökat, och sedan 2015 finns det tjänster inom Skogsstyrelsen för att följa utvecklingen av en brand samt kartera det brandhärjade området. Har inte den specifika brandkompetensen, men har omfattande kunskap av systemen och funktionerna som används.

Hur ser du på framtiden med avseende på vegetations- och skogsbränder?

Ser detta som en frågeställning som Skogsstyrelsen kommer fortsätta att arbeta med. Skogsstyrelsen arbetar dock med frågor som uppstår till följd av en brand, vilket har gjort att de har inriktat sig på att följa och kartera bränder snarare än att detektera dem. Exempel på frågor som Skogsstyrelsen behöver bedöma till följd av en brand är vad, var samt hur mycket som har brunnit i försäkringsärenden.

Det är även Skogsstyrelsen som dokumenterar avverkning, och oavsett om skogen har brunnit ner eller avsiktligen avverkats så gäller samma återplanteringskrav. Det är därför Skogsstyrelsen behöver veta var de har brunnit eftersom återplanteringskrav gäller även för detta område (vilket måste vara återplanterat inom 3 år). Dessa verktyg kan även till viss del användas för att följa utvecklingen av en pågående brand.

Jobbar Skogsstyrelsen med frågor angående detektion av vegetations- och skogsbränder?

Nej, det finns inte någon organisation inom Skogsstyrelsen för detta. Dock jobbar Skogsstyrelsen med naturvårdsbränningar. Men då är det planerade bränder.

Vad är Skogsstyrelsens syn på dagens detektionssystem (allmänhet och brandflyg)?

Troligen skulle det gå att begränsa framtida bränders konsekvenser genom att utveckla och ytterligare förbättra detekteringsmetoderna, alternativt addera detekteringsalternativ. Det är av stor vikt att detektera bränder tidigt för att möjliggöra en så tidig släckinsats om möjligt.

Brandflyget är ett fortsatt viktigt detekteringsalternativ, men borde inte utgöra den enda detekteringsmetoden.

Har inte tillräckligt med kunskap för att avgöra vilken metod som är det bästa. En tanke är att det finns många mobilmaster runt om i Sverige, vilka möjligen skulle kunna utgöra en markstation för ett branddetektionssystem. Dock är förvisso mobilmaster generellt lokaliserade där allmänheten är, vilket talar för att allmänheten kommer att rapportera in en eventuell brand i alla fall. Men vindkraftverk ute i skog och mark skulle troligen kunna utgöra lämpliga markstationer för ett eventuellt detektionssystem.

Enligt tidigare intervjuer använder ni på Skogsstyrelsen drönare dagligen för bland annat inmätning. Skulle det vara möjligt att antingen kombinera eller utveckla denna verksamhet så att ni även skulle detektera för bränder?

Skogsstyrelsen använder drönare för att inte behöva skicka personal över stora avstånd i svår terräng och har inte någon verksamhet med drönare i övervakning- eller uppföljningssyfte. Drönaren används av enskilda anställda för att slippa förflytta sig från en plats till en annan för att kolla på något. Men om en brand skulle pågå samtidigt skulle troligen den anställde upptäcka detta.

Enligt tidigare intervju har ni på Skogsstyrelsen en skogsgrunddatabas. Om det hade varit intressant att använda denna databas i ett detekteringssystem för att exempelvis avgöra vilken mark som utgör skog och vegetation, skulle det vara möjligt för er på Skogsstyrelsen att delge denna databas?

Ja det skulle vara fullt möjligt. Databasen heter skoggrunddata och är främst inriktad på att avgöra tillgänglig skogsvolym. Dock uppdateras inte databasen varje år, utan cirka vart femte till sjunde år. Det finns därmed risk för att underlaget inte är helt uppdaterat. Dock får Skogsstyrelsen inrapporterat när och var avverkning sker, så det vore möjligt att identifiera vilket underlag som

inte är uppdaterat. Detta underlag borde även kunna användas för att förbättra brandriskprognoserna och för att bedöma tillgängligheten på bränsle i ett avgränsat område.

Vilka synergieffekter ser du/Skogsstyrelsen skulle kunna åstadkommas genom att utveckla den befintliga detektionsverksamheten i Sverige, alternativt implementera ytterligare detektionssystem?

Ett utvecklat detektionssystem skulle troligen öka medvetenheten i Sverige angående brandrisken i skog och mark. En applikation skulle ytterligare kunna involvera allmänheten och möjligen kunna användas som ett varningssystem.

En tanke inom Skogsstyrelsen är att möjligen öka riskmedvetenheten hos skogs- och markägare samt ge råd om åtgärder för att minska risken/konsekvensen till följd av en eventuell brand. Detta skulle exempelvis kunna vara åtgärder för att minska det tillgängliga bränslet i ett avgränsat område, alternativt röjning kring byggnader och infrastruktur. Exemplet med att minimera bränsletillgången i egenskap av att minska på brandrisken i skog och mark är ett arbete som pågår redan idag i andra delar av världen.

Vad skulle krävas för att implementera ett sådant system i Sverige?

Troligen inte så mycket. Handlar främst om att få till en bra kartering av bränsletillgångarna i skog och mark. Dock behöver troligen pedagogiken utvecklas för att på ett lättillgängligt sätt tillgodogöra analyserna och rekommendationerna.

Målet borde vara att det ska vara lika lätt att läsa brandriskprognosen och bedöma vilka åtgärder respektive skogs- och markägare bör beakta som att avgöra vilka kläder som behövs utifrån väderprognosen.

Liknande tjänster skulle även kunna finnas för andra risker, såsom väderrisker, och inte enbart för brandrisker.

Det finns inte några pågående projekt angående detta idag.

Vilka resurser skulle krävas för att upprätthålla ett sådant system i Sverige?

Troligen finns redan all infrastruktur som krävs i Sverige för att implementera ett sådant system som omnämns i svaret till föregående fråga. Det som kommer krävas är personal som jobbar med systemet som har kompetens om hur bränder utvecklar sig beroende på externa faktorer, såsom tillgängligt bränsle och/eller väderförhållanden. Även utveckling och underhåll av systemet kommer kräva resurser.

Ser du/Skogsstyrelsen att det finns några förbättrings-möjligheter/förbättringsåtgärder möjliga att vidta redan idag i Sverige?

Har inte tidigare funderat över denna frågeställning och kan därmed inte besvara denna fråga.

Ser du/Skogsstyrelsen att ni har en roll inom detekterings-verksamheten i Sverige?

Skogsstyrelsen vill gärna bidra med det som Skogsstyrelsen kan bidra med. Exempelvis med underlag och arbete med kartering, och detta även för att förbättra brandriskprognoserna och inte enbart för att detektera eventuella bränder. Detta underlag kan exempelvis utgöras av kartering av fuktigheten i mark som då kan användas både till att förbättra brandriskprognoserna samt bidra med användbar information vid en släckinsats.

Som du ser det: skulle Skogsstyrelsen vara intresserad av att vara delaktiga i ett detektionssystem för bränder?

Ja, se föregående frågas svar. Skogsstyrelsen har lokalt förankrad personal spridd långt ut över hela landet som skulle kunna bidra med användbar lokal information om exempelvis skogen vid en eventuell insats.

Ser du/Skogsstyrelsen någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

Arbete med modeller för att bearbeta information och skapa prognoser för att ge tips på brandriskreducerande åtgärder till skogs- och markägare.

Även arbete med att ta reda på och lokalisera vilken information som finns tillgänglig för att generera bättre brandriskprognoser samt även ett framtida eventuellt detektionssystem.

Modeller för att simulera bränder utifrån aktuella lokala förhållanden skulle troligen vara användbart i pedagogiskt syfte för att illustrera vilka konsekvens-reducerande effekter olika brandriskreducerande åtgärder skulle kunna generera.

Om du/Skogsstyrelsen fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle ni helst vilja prioritera?

Se svaret på föregående fråga.

Interview with Riaan van den Dool from The Council for Scientific and Industrial Research (CSIR) the 2020-10-13

The interview was conducted over Teams the 2020-10-13 between 10:00 and 12:00 SAST (South African Standard Time). Below are the documented answers and questions from the interview. The interviewed have had an opportunity to audit the documented answers and questions before they have been included into the project.

The answers have been documented in a summarized, discussed, way. This means that the documented answers are not quotations, and if other interesting aspects (beyond the answer to the specific question) have been discussed due to the question, it has been documented connected to that specific question.

What is you experience of vegetation and forest fire?

Have a Master of Science in engineer with a master in remote sensing based on satellite data. Are now, among other things, leader of a group of scientists who work towards improving the way satellites are used to detect fires, how the satellite data can improve the fire risk prognosis, and how to determine the damaged area after a fire is extinguished.

Fire is however just one of many things that is possible to detect with satellite imagining, and progress is made towards including more information into the analysis behind the fire risk prognosis. This include information about statistics of earlier fires, information about the climate changes, current local conditions, the local vegetation, GIS information, and if there are buildings nearby.

South Africa have different fire risk seasons compared to Sweden, there the western parts have their fire risk periods during the summer, the inner and eastern parts during the winter, and the southern parts during the whole year.

The alarm distribution system of the potential fires in South Africa consists of a voluntary list where different officials and first aid personnel can subscribe to receive alarms about potential fires within specific areas of interest. If a potential fire is detected, an alarm will be sent to the different officials and first aid personnel that have subscribed to that specific geographic area where the potential fire is detected. This also facilitates coordination between different authorities due to the possibility that everyone will receive the alarm at the same time.

How do you detect vegetation and forest fire in South Africa?

The available methods for detection of potential fires are by satellite and a camera system that detect smoke. More technical information about the camera detection system can be found on the manufacture's website (https://evsolutions.biz/forestwatch/).

Some comparison between the two detection methods have been conducted. For example, the satellite detection system has an update frequents of about 6 to 8 times a day, while the camera detection system has a continuous update frequents. The camera detection system is also able to detect smaller fires, compared to the satellite detection system. The analysis processing time is also shorter for the camera detection system compared to the satellite detection system. Estimated results is that the first aid personnel can receive an alarm within around 6 minutes after a fire have been detected.

South Africa have estimated 80 to 100 operative cameras for detection of fires. The area that one camera can monitor depend on the topography and current weather conditions. Detection of fires with the camera detections system is problematic when it is foggy.

Has South Africa thought about other ways to detect vegetation and forest fire?

It is desirable to further include the public in the detection of potential fires. An application has been developed and tested where the public could take a picture and report potential fires. This work is however for the moment paused. The public is already good at calling and report potential fires in cities, but it is not unusual that the satellite detection system detect fires first on the countryside.

Do you see any synergy effects as a result of the way you detect vegetation and forest fire in South Africa?

Due to the comprehensive material generated by the satellite imagery system, the neighbouring countries are also included in the fire detecting analysis, and potential detected fires are reported to the affected country.

It would be possible to evaluate the air quality based on the satellite material. However, this is not a big problem in the South Africa, so there are no studies ongoing to evaluate this possibility.

The camera detecting system have potential to generate synergy effects. For example, it should be possible to detect house fires in the informal settlements at the edges of the cities. According to the manufacturer of the camera detecting system, it is also possible to surveillance harbour activities, detect fires in mines, use the cameras as surveillance cameras. However, there is an operator that verify potential detections, with mean that a third party will be able to see what the camera sees.

Are there any studies and/or tests (connected to early detection of vegetation and forest fire) that need further work as you see it?

A lot of work is conducted to improve the fire risk prognosis, and this is a work done in close cooperation with the insurance companies to decrease

the overall fire risk. Due to that the fire detection systems are already well developed, most of the current work is towards improving the fire risk analysis and to make the analysis more accurate to respective local geographic areas.

A prototype of a simulation method has been developed to simulate the consequences of a fire and the development of an ongoing fire. This work is, however, paused for the moment and the method are not configurated to the local aspects. Consequently, the fire development simulation method is not used in the operational firefighting work today.

If you had the power to prioritise the future studies and/ or tests (connected to early detection of vegetation and forest fire), what would you prioritise?

The most prioritised work for the moment is the work to improve the fire risk analysis.

Additional input

Within a couple of years, new satellites (specifically Meteosat Third Generation (MTG) is to be launched in 2023) will be operational and available which will generate much better imagining material. This will probably be game changing for the satellite detecting system's ability to detect fires on earth.

When the fire risk analysis indicate that the fire risk is high, it is illegal to burn fields, and if you ignore this you could be legally punished. The fire risk analysis is also used to determine how prepared the first aid services must be, and if they need to implement any precautionary measurements.

Möte med Elof Winroth från Nordluft samt Sara Ghaem från EIT InnoEnergy 2020-10-13

Mötet genomfördes över Teams den 13 oktober 2020 klockan 14:00–15:30, där de båda verksamheterna presenterades. De intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade mötesanteckningarna innan de har använts inom denna studie. Nedan följer en kort sammanfattning angående hur verksamheterna kan bidra till att detektera vegetations- och skogsbränder.

EIT InnoEnergy har hjälpt Nordluft att eskalera sin verksamhet. Nordluft erbjuder spridningstjänster av material över ett avgränsat geografiskt område med hjälp av ett kluster om fem drönare. Respektive drönare har i nuläget potential att frakta 30 kg per flygning, och systemets totala kapacitet uppgår till över sex ton beroende främst på avståndet mellan basenheten och det aktuella avlastningsområdet. Systemet är ej lämpligt för detektion av bränder över stora områden, men skulle kunna gå att nyttja för att identifiera och släcka, alternativt bekämpa, bränder inom ett förbestämt område. Systemet kan med fördel nyttjas för eftersläckning, kan vara operativt under hela dygnet, och eftersom ingen pilot sitter i drönaren kan den flyga nära branden. För att systemet ska vara effektivt krävs dock att basstationen kommer i storleksordningen mellan 0,5 och 1 km intill branden som ska släckas samt har tillgång till en vattenkälla.

Intervju med Anders Granström från SLU 2020-10-15

Intervjun genomfördes över Teams den 15 oktober 2020 klockan 13:00–15:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren inte är ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Anställd som forskare på SLU med ett intresse för skogsbränder utifrån hur branden påverkas av externa faktorer, exempelvis av tillgängligt bränsle och rådande väderförhållanden. Jobbar mycket med bland annat naturvårdsbränningar och leder kurser inom detta. Har dock inte jobbat specifikt med just detektion av bränder, men har studerat tidigare inträffade skogsbränder och då även beaktat detektionen av dem.

Jobbar du/SLU med frågor angående detektion av vegetations- och skogsbränder på något sätt?

Nej, inte specifikt med detektering av bränder. Bedömningen är att intresset inte är tillräckligt stort generellt och att det inte ses som ett stort problem för Sverige.

Vad är din/SLU:s syn på dagens detektionssystem (allmänhet och brandflyg)?

Bedömningen är att kombinationen av observationer från allmänheten och brandflyget medför en bra detektionsgrad av inträffade bränder i skog och mark. Men att rapporterna från allmänheten kan vara otydliga och att mottagandet hos SOS Alarm kan variera i kvalitet. Bedömningen är att folktätheten i Sverige är tillräcklig för att det ska gå att förlita sig på att allmänheten upptäcker bränder, men att allmänhetens observationer ofta behöver verifieras, med brandflyg, innan ett skarpt larm kan gå ut. Här har brandflyget en större uppgift än att enbart detektera bränder, i och med att de kan verifiera och värdera inrapporterade misstänkta bränder. Brandflyget kan även användas för att bättre lokalisera en inrapporterad brand, värdera hur allvarlig branden är och stödja en släckinsatts med värdefull information från luften, inte minst genom att ta bilder och sända till mark.

Hur ser du/SLU på framtiden med avseende på vegetations- och skogsbränder?

Allmänhetens detektering av vegetations- och skogsbränder kommer inte att vara tillräckligt säker att enbart förlita sig på. Bedömer att brandflyget utgör ett nödvändigt komplement till allmänheten som inte bör jämföras med andra detekteringsmetoder eller detekteringstekniker enbart utifrån hur stor andel av larmen där de står för första observationen. Detta eftersom brandflygets observationer ger ett bättre stöd till räddningstjänsten. Dock kan brandflyget utvecklas vidare som metod.

Amatörflygare utgör basen för dagens brandövervakningsflyg. Ser en trend inom det privata flyget (amatörflyg) med att det är allt färre piloter, och att de piloter och flygplan som finns tenderar till att inskränkas till allt färre flygplatser, särskilt i de mer glesbefolkade delarna av landet. Detta riskerar att leda till att brandflyget blir lidande till följd av att underlaget för att bedriva verksamheten försämras. Exempelvis genom färre tillgängliga flygplan eller med längre avstånd mellan bevakningsslingan och flygplatsen för det aktuella brandövervakningsplanet.

Ser du/SLU någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

En mer djupgående analys bör genomföras där olika detektionsmetoder och detektionstekniker jämförs och deras effektivitet bedöms. I samband med detta arbete bör även brandorsakerna analyseras separat eftersom olika detektionsmetoder är olika bra på att detektera bränder som uppstått till följd av olika orsaker. Exempelvis kan det ibland ta lång tid innan en glödbrand till följd av ett blixtnedslag utvecklar sig till en brand som är möjlig att detektera från ett brandflyg. Utöver brandorsaken bör även kvaliteten på de inrapporterade observationerna analyseras. Detta eftersom det brukar vara en lägre kvalitet på inrapporteringarna från allmänheten jämfört med de från brandflyget.

Om du/SLU fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle ni helst vilja prioritera?

Se svaret på föregående fråga.

Nyttjar SLU några möjliga detektionssensorer (exempelvis satellit, lidar och/eller radar) på något sätt?

SLU har gjort en del tester av drönare med IR-kamera.

Under en insats är bedömningen att drönare kan generera mycket användbar information till räddningsledaren. Men för att en drönare ska kunna utgöra en bra plattform för detektering av bränder över stora områden behövs en annan

typ av drönare som kan flyga långt och länge, och troligen autonomt, för att det ska bli ett effektivt verktyg för branddetektion.

Satellit bedöms vara ett bra hjälpmedel vid detektering av bränder, men uppdateringsfrekvensen kommer att vara för låg även på några års sikt. Även den låga upplösningen på satellitunderlaget är troligen problematisk. För att ett satellitbaserat detektionssystem ska vara effektivt krävs troligen att analyssystemet som analyserar satellitunderlaget är autonomt, snabbt, och effektivt. Bedömningen är att det ändå kommer att krävas någon form av verifiering, exempelvis med hjälp av brandflyg, för att säkerställa att en detekterad brand verkligen är en brand.

Det finns även en del kamerabaserade detektionssystem, dock kräver dessa mer ett mer eller mindre platt landskap vilket gör att de troligen ej är lämpade för användning i Sverige.

Skulle någon eller några av dessa sensorer kunna användas för att detektera bränder, och i så fall vilka begränsningar skulle de kunna ha?

Se svaret på föregående fråga.

Vilka synergieffekter ser du/SLU skulle kunna åstadkommas genom att utveckla den befintliga detektionsverksamheten i Sverige, alternativt implementera ytterligare detektionssystem?

Ser detektionsmöjligheten med satellit som en synergieffekt till följd av andras arbete. Det vill säga, möjligheten att detektera bränder med satellit finns redan och förmågan till detektion kommer att utvecklas och förbättras framöver, oberoende av vad som görs i Sverige. Bara genom att hänga med i utvecklingen så kommer möjligheten till branddetektion med hjälp av satellit att med tiden bli allt bättre.

Har inte specifikt jobbat med frågeställningar kopplade till enbart detektion av bränder. Men bedömer att det borde råda en konservativ inställning till att genomföra större förändringar i detektionsverksamheten. Andra länder har mycket stora problem med skogsbränder, vilket bedöms medföra att de kommer att vara mycket mer drivande i utvecklingen i att hitta nya, eller förbättra redan existerande, branddetektionsmetoder. Sverige kan ha en passivare hållning i utvecklingsarbetet för branddetektionsmetoder och istället hänga med på det som andra länder utvecklar.

Brandflygets andra egenskaper, än enbart detektering, bedöms ge synergieffekter som är mer värda än enbart dess branddetektionsförmåga.

Vad skulle krävas för att implementera ett sådant system i Sverige?

Bedömer att det inte går att svara på frågan eftersom det krävs vidare arbete med att först fastslå vilket detektionssystem som bör utvecklas, alternativt adderas.

Vilka resurser skulle krävas för att upprätthålla ett sådant system i Sverige?

Se svar på föregående fråga.

Ser du/SLU att det finns några förbättringsmöjligheter/förbättringsåtgärder möjliga att vidta redan idag i Sverige?

En djupare analys specificerad på brandflyget skulle troligen kunna leda till att bra förbättringsåtgärder identifieras. Exempelvis fastslå vilken övervakningsradie ett brandflyg generellt kan antas ha. Eller vilken specialutbildning besättningen bör ha och hur den bäst lärs ut. Även en djupare studie i hur effektiv spanaren i brandflyget är borde vara av intresse att kunna fastslå. Samt hur de förmår värdera och kommunicera sina observationer av brandbeteendet (vilket går att bedöma på rökens färg och stigning).

Även att utbilda SOS-operatörer i hur de bör ta emot larm om potentiella vegetations- och skogsbränder skulle troligen snabbt kunna öka kvaliteten i larmen från allmänheten.

Ser du/SLU att ni har en roll inom detekteringsverksamheten i Sverige?

SLU har tidigare hjälpt till med att tolka och bedöma större bränder och brandbekämpningsinsatser, exempelvis efter bränderna 2014 och 2018. Bedömningen är att SLU kan ge väsentliga bidrag i arbetet med att utveckla branddetekteringsmetoderna i Sverige.

Som du ser det: skulle SLU vara intresserad av att vara delaktiga i ett detektionssystem för bränder?

Bedömningen är att SLU skulle vara intresserade av detta. Främst i utvecklingsarbetet kopplat till val av detekteringsmetoder. Även utformning av eventuella fältexperiment för att kunna bedöma och jämföra effektiviteten av olika detektionssystem skulle vara av stort intresse.

Övrigt

Allmänheten är bra på att detektera bränder, men det finns även brister som måste beaktas. Allmänhetens rapportering är ofta diffus angående den misstänkta branden vid inrapporteringen till SOS Alarm. Det är sedan även en kedja med olika aktörer från inringaren tills dess att larmet når aktuell räddningstjänst. Aktörer längs med kedjan har olika kompetenser och erfarenheter angående skogsbränder, vilket riskerar att försämra kvaliteten på larmet på vägen till aktuell räddningstjänst samt att kvaliteten varierar mellan olika larm. Vid dessa osäkra eller diffusa larm från allmänheten kan ofta brandflyget vara en bra tillgång för att kunna verifiera branden.

Vidare så är det också viktigt att komma ihåg att snabb detektion inte är det enda av vikt, utan det är snarare tiden tills en eventuell släckinsats kan påbörjas som är det viktiga. Det kan därför vara en bra åtgärd att se över prioriteringsordningen vid ett larm. Idag är det räddningstjänsten som först ska ta sig till platsen och därefter, om det bedöms krävas, tillkalla ytterligare resurser, såsom en helikopter för att bistå släckningsarbetet. Det skulle kunna vara klokt att, åtminstone i högrisksituationer, kunna skicka helikoptern redan innan räddningstjänsten är på plats, för att kunna påbörja släckningsarbetet tidigare. Även här skulle brandflyget kunna ha en central funktion förutsatt att de är rätt utbildade att bedöma brandbeteende. I kommunikation med brandflyget kan då räddningstjänsten tillkalla helikopter för att påbörja släckningsarbetet innan de själva är på plats.

Intervju med Fredrik Walter-Bivall från Länsstyrelsen i Värmlands län 2020-10-26

Intervjun genomfördes över Skype den 26 oktober 2020 klockan 13:00–15:00. Nedan följer de dokumenterade frågorna och svaren från intervjun. Den intervjuade har givits tillfälle att granska och revidera de dokumenterade svaren innan de har använts inom denna studie.

Svaren på frågorna har dokumenterats i sammanfattande diskuterande form. Med det menas att svaren är inte ordagrant dokumenterade samt att om andra intressanta aspekter (utöver själva svaret på frågan) har nämnts under diskussionen till följd av en fråga så har det dokumenterats under den aktuella frågan.

Vad är din erfarenhet av detektering av vegetations- och skogsbränder?

Utbildad brandingenjör från Lunds tekniska högskola, har arbetat på räddningstjänsten och på MSB med skogsbrandfrågor tidigare. Jobbar numera på Länsstyrelsen i Värmlands län sen cirka ett och ett halvt till två år tillbaka.

Vad är din bedömning av dagens detektionsmetoder (allmänheten och brandflyg)?

Generellt är bedömningen att detekteringsverksamheten i Sverige borde ha kommit längre år 2020. Finns bättre metoder att detektera bränder jämfört med brandflyget. Att ett brandflyg ska lyfta vid rätt tidpunkt och flyga över rätt plats samtidigt som en brand uppstår bedöms utgöra en väldigt låg sannolikhet. Troligen därav brandflygets låga detekteringsandel i statistiken.

Borde vara möjligt att ställa hårdare krav på tekniska detektionshjälpmedel i upphandlingarna. Tidigare utgör upphandlingarna enbart den flygande tjänsten och inget angående tekniken för detektionen av bränder. Exempelvis borde det vara möjligt att kravställa att värmekamera ska finnas med vid flygning med brandflyg. Dock skulle det möjligen kunna bli en upphandlingsfråga då tillgången till utrustning är oklar hos tillgängliga entreprenörer. Bedömningen är att till stor del genomförs brandflygsverksamheten idag baserat på vad som har gjorts tidigare.

Hur hanterar Länsstyrelsen flygklubbar och liknande ideella organisationer vid upphandlingen av brandflyg?

Flygklubbar och andra ideella organisationer beaktas på samma sätt som alla andra entreprenörer vid en upphandling.

Ser Länsstyrelsen någon vinst med att upphandla företag snarare än flygklubbar?

Detta är inget som Länsstyrelsen kan ta hänsyn till, utan det är upphandlingen som får avgöra. Så länge alla tillstånd och krav som krävs för verksamheten samt övriga krav i enlighet med upphandlingen är uppfyllda så utvärderar Länsstyrelsen anbud utifrån de utvärderingskriterier som framgår i upphandlingen.

Dock kan möjligen framtida krav på bland annat marknadskonkurrenskraftiga löner och anställningsvillkor i upphandlingarna komma att medföra bekymmer för dem som lägger anbud på tjänsten, detta beroende på hur deras avtal ser ut mot dem som utför arbetet. Dock är det fortfarande oklart om dessa krav kommer, och i så fall hur de kommer att påverka upphandlingarna kvarstår att se.

Historiskt har det i princip enbart varit flygklubbar som har utgjort brandflygsverksamheten i Sverige.

Enligt statistiken ur en kostnad-nytta-analys upptäckte brandflygen 3,1 % av bränderna (8 bränder) i Värmland under 2008–2012 (Sjögren, 2013). Är Länsstyrelsens bedömning att brandflyget fyller sin uppgift som detektionsmetod för vegetations- och skogsbränder?

I år (år 2020) har brandflyget i Värmland varit behjälpliga vid åtta bränder, samtidigt som brandflyget har genomfört ca 135 flygningar. Vid cirka hälften av de åtta bränderna var det brandflyget som detekterade branden först, och vid den andra halvan var brandflyget behjälpliga med att dirigera räddningstjänsten. (Motsvarande siffror 2019 var cirka 100 flygningar och behjälplig vi 10 bränder.)

Nyttan med brandflyget är därmed inte helt självklar. Men dock är frågan snarare vad syftet med brandflyget borde vara. Enbart som en detekteringsverksamhet borde inte nyttan av brandflyget vara tillräckligt. Men brandflyget kan även guida räddningstjänsten till branden, hitta lämpliga vattentäkter att ta vatten ifrån till ett eventuellt släckningsarbete, vara behjälplig med viktig information till räddningsledare och så vidare. Vägs allt detta samman så blir det svårare att avgöra huruvida nyttan med brandflyget är tillräcklig eller inte.

Enligt en kostnad-nytta-analys (Sjögren, 2013) föreslås Värmland sluta använda brandflyg som detekteringsmetod och istället förlita sig till allmänheten, satellit och kamerasystem. Vad anser du/Länsstyrelsen om den slutsatsen?

Personligen ja, brandflyget borde kunna ersättas med andra detektionsmetoder. Dock är inte Länsstyrelsen där än, men detta utgör främst en personalresursfråga. Det saknas personal för att kunna dra i denna fråga. Att driva den befintliga brandflygsverksamheten har varit nog så tidskrävande under de rådande omständigheterna.

Länsstyrelsen i Värmland har provat ett kamerasystem vid en bränning, vad är er bedömning av kamerasystemet efter det försöket?

Grundar sig i att den upphandlade brandflygsentreprenören uppgav att det fanns möjlighet att använda värmekamera vid flygning med brandflyget. Dock visade det sig att denna utrustning inte var tillräckligt implementerad för att kunna användas operativt vid flygningarna så det gick inte att använda under årets brandsäsong. Likväl gick det att genomföra ett test med värmekamerasystemet under en naturvårdsbränning som resulterade i ett bra bildunderlag. Avsaknad i att snabbt kunna delge bilderna gör att kameran inte ses som effektiv gällande detektion i nuläget, då förefaller ett satellitbaserat detektionssystem som mer effektivt. Likväl skulle värmekamerasystemet kunna användas vid efterbränningsarbete eller vid en riktad flygning med brandflyget till följd av ett åskoväder.

Tänker Länsstyrelsen att ett kamerasystem skulle kunna vara aktuellt som ett detektionssystem (helt eller delvis) i länet?

Har inte hunnit utvärdera det tidigare testet (se svar på föregående fråga). Men bedömningen är att fördröjningen på upp emot flera dagar från överflygningen till dess att bildmaterialet blir tillgängligt för analys måste kortas ner först. Det genomförs ett projekt nu för att se över hur bildmaterialet skulle kunna bli direkt tillgängligt från flygplanet, men detta projekt är ännu inte slutfört.

Dock, som tidigare nämnt, så skulle upphandlingen kunna bli problematisk.

Det har även förekommit funderingar över ifall drönare skulle kunna användas, men inget arbete har kommit längre än så angående drönare inom Länsstyrelsen i Värmlands län, utan det har än så länge enbart handlat om kamerasystem monterade på brandflyget.

Har Länsstyrelsen även funderat över andra alternativa detektionssystem?

Inte inom Länsstyrelsen, men räddningstjänsten inom regionen har undersökt möjligheterna till att detektera bränder med hjälp av satellit.

Angående markbaserade kameror är det inget som har funderats över.

Hur tänker du/Länsstyrelsen att en implementering av ett alternativt detektionssystem (kamerasystem) kunna se ut/gå till inom länet?

Implementeringen kommer att ligga hos entreprenören, och det som Länsstyrelsen gör är att kravställa det i upphandlingen. Dock är bedömningen att marknaden inte är där ännu.

Ett alternativ skulle vara att Länsstyrelsen själva skaffar kamerautrustningen. Men detta bedöms inte utgöra ett rimligt alternativ eftersom det är mycket arbete med exempelvis tillstånd. Därför är de mer troligt att det kommer att krävas entreprenörer som kan erbjuda tjänsten istället. Det bedöms dock som mer troligt att satellitövervakning kommer nyttjas innan ett eventuellt kamera-system skulle komma att bli aktuellt.

Tänker du/Länsstyrelsen att samma tillvägagångssätt skulle vara möjligt vid en eventuell implementering i Sverige?

De regionala skillnaderna kommer troligen medföra att det kommer se olika ut i landet.

En vanlig fråga som brukar komma upp är angående en nationell upphandling av brandflygstjänsten som sedan respektive län kan göra avrop på. Bedömningen är att detta är vad länen generellt hade önskat. Dock beror denna önskan troligen mer på att länsstyrelserna snarare vill spara in på administrationen som upphandlingen medför, och har antagligen inte beaktat hur de regionala skillnaderna ska hanteras i en eventuell nationell upphandling av brandflyget.

I en framtid där brandflyget eventuellt enbart utgör ett komplement till en annan detekteringsmetod skulle troligen de frivilliga flygklubbarna bli allt viktigare igen. Detta eftersom det troligen kommer bli färre flygningar som möjligen inte skulle kunna bli tillräckligt lönsamt för en privat entreprenör.

Ser du/Länsstyrelsen att de finns några andra förbättringsåtgärder tillgängliga att vidta idag i Sverige eller inom länet?

Att våga kravställa detekteringstekniker ombord på brandflyget vore ett bra första steg. Här har inte länsstyrelserna möjlighet att påverka eftersom de måste förhålla sig till upphandlingen. Exempelvis kan inte länsstyrelsen kravställa tekniker hur som helst i upphandlingen för att testa detektionsmetoder från ett år till ett annat. Utveckling av olika tekniker måste ske på en nationell nivå, mest lämpligt av MSB. Dock kan försöken ske i ett eller flera olika län och behöver inte vara ett fristående projekt, utan kan vara ett arbete som tas fram i samverkan regionalt/nationellt.

Idag framgår att brandflyget inte är jätteeffektiva på att detektera bränder, samtidigt som vi vet att de finns bra tekniker tillgängliga för att detektera bränder. Därmed borde det vara möjligt att förbättra, eller komplettera, skogsbrandsbevakningen med brandflyget förhållandevis snabbt.

Vilka synergieffekter bedömer du/Länsstyrelsen att ett ytterligare detektionssystem skulle kunna medföra?

Intressant fråga, men dessvärre är det en fråga som Länsstyrelsen i Värmlands län inte har jobbat med. Kan tänka att det skulle kunna finnas någon synergieffekt vid arbete med naturvårdsbränder. Även att bildmaterialet till följd av ett eventuellt kameradetekteringssystem borde vara av intresse för andra i form av bildmaterial från luften som kan ligga till grund för bland annat karteringar av olika slag.

Vilka resurser bedömer du/Länsstyrelsen att ett ytterligare detektionssystem skulle kräva?

Det som Länsstyrelsen i Värmlands län gör i dagsläget är att genomföra upphandlingen. Med det sagt så är bedömningen att Länsstyrelsen troligen har de resurser som krävs. De som eventuellt skulle kunna behöva ytterligare resurser av något slag skulle kunna vara räddningstjänsten som ska jobba med detekteringsmetoden, alternativt med dess underlag och hur man tolkar underlaget. Sedan så är det en fråga för entreprenörerna att uppfylla kraven i upphandlingen.

Ser Länsstyrelsen någon frågeställning (angående detektion av bränder) som kräver ytterligare studier, arbete och/eller tester?

Nationella riktlinjerna bör arbetas fram, eller regleras, angående nya detektionsmetoder, och eventuella studier bör ske nationellt i samverkan med någon eller några regioner.

Man bör ta i beaktande vid utveckling av ett eventuellt detektionssystem i Sverige att se till att systemet om möjligt blir enhetligt inom hela landet, eller åtminstone regionalt enhetliga. Detta för att exempelvis underlätta arbetet vid insats, och möjliggöra för att personal lättare ska kunna bistå insatser inom andra regioner i Sverige och då har förståelse för de system som används.

Om Länsstyrelsen fick prioritera framtida studier, arbete och/eller tester (angående detektion av bränder) vad skulle Länsstyrelsen helst vilja prioritera?

Kartlägga vilka detektionssystem och detektionsmetoder som finns tillgängliga idag samt se över möjligheterna till att gå mot ett mer automatiserat detektionssystem. Sedan se hur en blandning av olika system, brandflyg, och så vidare skulle kunna skapa en mer effektiviserad övervakning både tekniskt och ekonomiskt.

Övrigt

Viktigt att beakta de geografiska skillnaderna samt utreda om det verkligen är mest effektivt att låta respektive länsstyrelse utföra sin egen upphandling av brandflyget eller om det vore bättre med en nationell upphandling. Skulle även kunna vara möjligt att dela in län i större grupper och låta några få län genomföra upphandlingen gemensamt för ett större antal län. Detta bedöms också bli en viktig fråga om drönare skulle börja användas som brandflyg, eftersom det troligen borde vara mer kostnadseffektivt att övervaka större ytor med drönare.

Det kanske även är möjligt att en utvecklad detektionsmetod skulle kunna detektera andra olyckor eller händelser, och i så fall är de viktigt att även fånga upp dessa aspekter i utvecklingen av detektionsmetoden.

Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

© Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
651 81 Karlstad Tel 0771-240 240 **www.msb.se**
Publ.nr MSB1725 - mars 2021 ISBN 978-91-7927-125-1